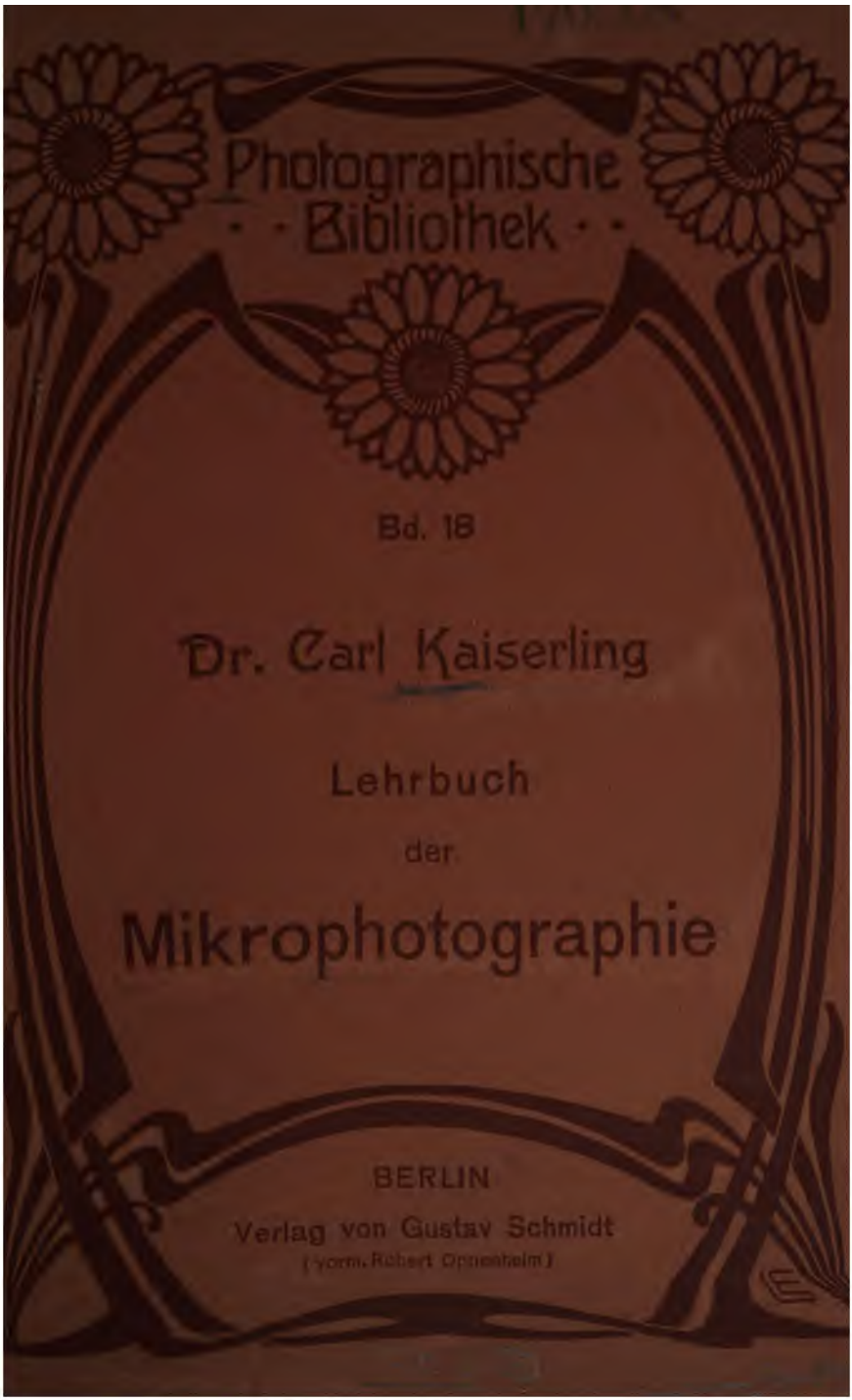

Photographische
Bibliothek
Bd. 18
Dr. Carl Kaiserling
Lehrbuch
der
Mikrophotographie
BERLIN
Verlag von Gustav Schmidt
(vorm. Robert Oppenheim)

Photographische Bibliothek

Bd. 18

Lehrbuch der Mikrophotographie

von

Dr. Carl Kaiserling

BERLIN
Verlag von Gustav Schmidt
(vorm. Robert Oppenheim)

Photographische Bibliothek

Bd. 18

Lehrbuch der Mikrophotographie

von

Dr. Carl Kaiserling

BERLIN
Verlag von Gustav Schmidt
(vorm. Robert Oppenheim)

Photographische Bibliothek

Bd. 18

Lehrbuch

der

Mikrophotographie

von

Dr. Carl Kaiserling

BERLIN
Verlag von Gustav Schmidt
(vorm. Robert Oppenheim)

Photographische Bibliothek.

Sammlung kurzer photographischer Spezialwerke.

Bisher erschienen:

Bd. 1. **Vogel, H. W., Das photographische Pigmentverfahren (Kohledruck). 4. völlig veränderte Auflage.** Mit einem Anhang über das Velours-, Gummidruck- und Ozotypie-Verfahren. Bearbeitet von **Paul Hanneke.** Mit einem Pigmentdruck und vielen Abbildungen. 1902. Geh. Mk. 3,—. Geb. Mk. 3,50.

Bd. 2. **Grasshoff, Joh., Die Retouche von Photographien** nebst ausführlicher Anleitung zum Kolorieren mit Aquarell- und Ölfarben. Mit einer Lichtdrucktafel und mehreren Figuren im Text. **9. völlig veränderte Auflage.** Bearbeitet von **Fritz Loescher.** 1903. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 3. **Bergling, C. E., Stereoskopie für Amateur-Photographen.** Mit 23 Figuren. 1896. Geh. Mk. 1,20. Geb. Mk. 1,65.

Bd. 4. **Niemann, A., Die photographische Ausrüstung des Forschungsreisenden.** Mit besonderer Berücksichtigung der Tropen. Mit 27 Figuren. 1896. Geh. Mk. 1,80. Geb. Mk. 2,25.

Bd. 5. **Schultz-Hencke, D., Anleitung zur photographischen Retouche** und zum Übermalen von Photographien. **3. umgearbeitete Auflage** von Kopskes Anleitung sum Retouchieren. Mit 2 Lichtdrucktafeln und 21 Figuren im Text. 1897 Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 6. **Parzer-Mühlbacher, A., Photographische Aufnahme und Projektion mit Röntgenstrahlen** mittels der Influenz-Elektrisiermaschine. Eine Anleitung für die Praxis. Mit 10 Tafeln nach Original-Aufnahmen des Verfassers und 15 Figuren im Text. 1897. Geh. Mk. 1,80. Geb. Mk. 2,25.

Bd. 7. **Hanneke, P., Das Celloïdinpapier,** seine Herstellung und Verarbeitung. Mit besonderer Berücksichtigung der Anfertigung von Mattpapier, sowie des Platintonprozesses. Mit 15 Figuren im Text. 1897. Geh. Mk. 3,—. Geb. Mk. 3,50.

Bd. 8. **Gaedicke, J., Das Platinverfahren in der Photographie.** Eine Anleitung für Anfänger. Mit 4 Figuren im Text. 1897. Geh. Mk. 1,80. Geb. Mk. 2,25.

Bd. 9. **Schmidt, Hans, Das Fernobjektiv im Porträt-, Architektur- und Landschaftsfache.** Mit vielen Figuren und 10 Tafeln. 1898. Geh. Mk. 3,60. Geb. Mk. 4,20.

Bd. 10. **Gaedicke, J., Der Gummidruck (direkter Pigmentdruck).** Eine Anleitung für Amateure und Fachphotographen. 2. vermehrte Auflage. Mit 2 Tafeln. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 11. **Kiesling, M., Das Arbeiten mit Films.** Mit mehreren Figuren. 1900. Geh. 90 Pf. Geb. Mk. 1,25.

Bd. 12. **Blech, E., Stand-Entwicklung als Universal-Methode für alle Zwecke.** Mit 2 Figuren im Text. 1900. Geb. Mk. 1,80. Geb. Mk. 2,25.

Bd. 13. **Schmidt, Hans, Anleitung zur Projektion** photographischer Aufnahmen und lebender Bilder (Kinematographie). Mit 56 Figuren im Text. 1901. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 14. — — **Die Architektur-Photographie.** Unter besonderer Berücksichtigung der Plastik und des Kunstgewerbes. Mit vielen Tafeln und Textbildern. 1902. Geh. Mk. 4,—. Geb. Mk. 4,50.

Bd. 15. **Loescher, Fritz, Vergrössern und Kopieren auf Bromsilber-Papier.** Mit einem Bromsilber-Druck und mehreren Abbildungen. 1902. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 16. **Holm, Dr. E., Photographie bei künstlichem Licht (Magnesiumlicht).** Mit zahlreichen Textfiguren und 4 Tafeln. 1903. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 17. **Lüppo-Cramer, Dr., Die photographische Trockenplatte,** ihre Eigenschaften und Behandlung. Mit 6 Tafeln. 1903. Geh. Mk. 2,50. Geb. Mk. 3,—.

Bd. 18. **Kaiserling, Dr. Carl, Lehrbuch der Mikrophotographie** nebst Bemerkungen über Vergrösserung und Projektion. Mit 54 Abbildungen. Geh. Mk. 4,—. Geb. Mk. 4,50.

Die Sammlung wird fortgesetzt.

Lehrbuch

der

Mikrophotographie

nebst

Bemerkungen über Vergrösserung und Projektion

von

Dr. med. Carl Kaiserling
Privatdocenten an der Universität und Assistenten
am Königl. Pathologischen Institut zu Berlin

Mit 54 Abbildungen im Text.

Berlin
Verlag von Gustav Schmidt
(vorm. Robert Oppenheim)
1903

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Herrn Geheimen Medicinal-Rat

Prof. Dr. Johannes Orth

zur Feier seines 25jährigen Professorenjubiläums

zugeeignet.

Vorwort.

Das vorliegende Buch ist hervorgegangen aus dem Kapitel VI „die Vergrößerung und Mikrophotographie“ meines umfassenderen Lehrbuches: Praktikum der wissenschaftlichen Photographie. Ich habe mich schwer entschlossen, dies Kapitel selbständig zu gestalten. Einmal wünschte der Herr Verleger eine Anleitung zur Mikrophotographie, sodann ist aus dem Kreise der Leser meines Praktikums der Wunsch vielfach an Verleger und Autor gerichtet, das Buch in einzelnen Abschnitten herauszugeben, um die Anschaffung zu erleichtern. Da eine Neuauflage des ganzen Buches einstweilen noch nicht dringend war und mir die Zeit mangelte, andererseits aber die rastlosen Fortschritte der Technik manche Neuerungen gebracht haben, fügte ich mich den Wünschen meiner Gewalthaber — der Leser und des Herrn Verlegers. Ich habe mich bemüht, so kurz wie möglich zu sein, und daher geschichtliche und eingehende theoretische Erörterungen vermieden, soweit es ohne Gefahr der Oberflächlichkeit oder Undeutlichkeit zulässig war. Aus gleichem Grunde ist der technische Teil kurz, weil nur ein mit der photographischen Technik vertrauter „Amateur“ das Spezialgebiet der Mikrophotographie erfolgreich pflegen kann.

Es ist mein Bestreben, den Leser zum selbständigen Denken und Arbeiten anzuregen, nicht aber einen nach

Rezepten und unverstandenen Schematen arbeitenden Mikrographen aus ihm zu machen. Dadurch ist die Darstellung als einheitliches Ganzes bedingt, und ich empfehle, erst das Buch durchzulesen und die Verhältnisse mit dem Verstande durchzuarbeiten, ehe man mit der Praxis beginnt. Die vielfache Anerkennung, die diese Methode bei den Kritikern meines Praktikums gefunden hat, läßt mich hoffen, daß auch das vorliegende Buch in seiner umgearbeiteten und ergänzten Form die alten Freunde sich erhalten und neue erwerben möge.

Berlin, Ende Februar 1903.

Dr. C. Kaiserling.

Inhaltsübersicht.

I. Allgemeiner Teil.

II. Spezieller Teil.

III. Photographisch-technischer Teil.

Allgemeiner Teil.

Um die theoretischen Grundlagen der mikrophotographischen Technik möglichst einfach zu erklären, wollen wir von der Vergrößerung makroskopischer Glasbilder ausgehen. Aber nicht nur die Einfachheit und Übersichtlichkeit der hierbei maßgebenden Verhältnisse läßt uns diesen Weg wählen, sondern auch die Erwägung, daß der Vergrößerungs- und Projektionsapparat ein wichtiges Hilfsmittel für den Mikrophotographen ist. Er bietet ihm die Möglichkeit, die gewonnenen Bilder nachträglich entweder photographisch zu vergrößern, um die feinen Details deutlicher und breiter nebeneinander zu sehen und einem größeren Zuschauerkreise in Gestalt von Wandtafeln vorzuführen, oder die in der Camera gewonnenen Originalbilder als Diapositive vergrößert zu zeigen. Die Projektion mikroskopischer Objekte selber deckt sich im wesentlichen, was Apparate und Technik angeht, mit der Mikrophotographie. Es ist aber durch die häufig erwünschte und nötige starke Vergrößerung mit Objektivsystemen von sehr kurzer Brennweite, insbesondere mit Ölimmersionen, ein so starker Lichtverlust bedingt, daß nur mit sehr vollkommenen Instrumentarien und bei einem kleinen Kreise von Zuschauern die direkte Projektion ausreicht. In allen anderen Fällen wird man besser tun, ein kleineres Originalbild von möglichst großer Vollkommenheit in der Camera herzustellen und ein danach gefertigtes

durchsichtiges Glasbild, ein Diapositiv, mit dem Skioptikon zu projizieren. Daher sollen die Vergrößerungsapparate kurz in dem vorliegenden Werke mit abgehandelt werden.

Befindet sich ein Gegenstand im Raume zwischen der einfachen und doppelten Brennweite einer Linse, so entwirft sie von ihm ein reelles, vergrößertes, umgekehrtes Bild im Raume zwischen der Entfernung der doppelten Brennweite und der Unendlichkeit. Diese Linsenregel bildet die Grundlage für die Herstellung von Vergrößerungen und Mikrophotogrammen. Beide Zweige der Photographie unterscheiden sich, abgesehen von der Eigenart der zur Verwendung kommenden Objektive, nur in der komplizierteren, durch die immer steigende Vergrößerung bedingten Anordnung der Beleuchtung. Das Prinzip der Beleuchtung ist jedoch ganz das gleiche bei der gewöhnlichen Vergrößerung, die jeder Photograph herzustellen imstande ist, wie bei der Mikrophotographie.

Eins der wichtigsten Grunderfordernisse bei der Anfertigung von Vergrößerungen ist die richtige **Beleuchtung** des zu vergrößernden Objektes. Die dazu bestimmte Lichtquelle soll ihre Strahlen so darauf werfen, daß es gleichmäßig beleuchtet wird, und daß außer diesen zur Beleuchtung dienenden Strahlen kein Nebenlicht das Vergrößerungssystem trifft. Eine besondere Lichtquelle wird nur in den Fällen überflüssig, wo es sich um vergrößerte Aufnahmen von selbst leuchtenden Körpern, von Lichtquellen im eigentlichen Sinne, handelt. Diese Fälle sind aber sehr selten und nur wenige Photographen dürften ihr im Ernstfalle gegenüberstehen. Die meisten Gegenstände erfordern künstliche Beleuchtung. Redet man von Vergrößerung schlechthin, so denkt man dabei meist an die Wiedergabe von mehr oder weniger durchsichtigen Gegenständen, in der Regel von Negativen und Diapositiven, in durchfallendem Lichte. Für den, welcher die

Photographie zu bestimmten wissenschaftlichen Zwecken ausübt, kommt es nicht selten vor, auch undurchsichtige Gegenstände, die also mit auffallendem Lichte beleuchtet werden müssen, vergrößert wiederzugeben. Wir beschränken uns hier zunächst auf die Besprechung der Vergrößerung durchleuchteter Objekte. Die hierbei nötige Anordnung erklärt sich am besten durch folgende Betrachtung:

Angenommen, es gilt irgend ein Bild in gewöhnlicher Weise zu reproduzieren, so wird die Camera in angemessener Entfernung aufgestellt und auf der Mattscheibe die scharfe Einstellung besorgt. Nun denke man sich an die Stelle des Bildes auf der Mattscheibe das erhaltene Negativ bei unverrückt gebliebener Camera eingesetzt und das Negativ selbstleuchtend, so wird bei Verwendung des gleichen Objektivs jeder Bildpunkt, welchen die Linse vom Negativ entwirft, mit dem ihm entsprechenden Punkte des größeren Originals wieder zusammenfallen. Der Gang der Lichtstrahlen ist also bei der Vergrößerung genau umgekehrt, wie bei der gewöhnlichen Aufnahme.

Diese Betrachtung ist von Wichtigkeit auch für die Art und Weise, wie das Objektiv stehen soll. Bei symmetrischen Objektiven ist es einerlei, ob die vordere oder hintere Linse dem zu vergrößernden Objekte zugekehrt wird, bei asymmetrischen Objektiven muß die hintere, sonst der Mattscheibe zugewendete Linse dem Negativ zugekehrt sein.

In Fig. 1 (S. 4) ist der Gang der Lichtstrahlen schematisch dargestellt. Handelt es sich um die gewöhnliche Aufnahme eines Gegenstandes bei BB_1 durch das Objektiv O, so sind die Strahlen BO und B_1O die äußersten, welche noch in das Objektiv gelangen und zur Bilderzeugung bei NN_1 dienen können. Handelt es sich umgekehrt um vergrößerte Wiedergabe des Objektes NN_1, so müssen die Lichtstrahlen, welche das ursprüngliche Objekt BB_1 naturgetreu wiedergeben sollen, offenbar in der Richtung von NO und N_1O

nach dem Mittelpunkte des Objektivs konvergieren. Daraus folgt, daß die Vergrößerung immer konvergente Strahlen erfordert, wenn eine größere Fläche wiedergegeben werden soll, als dem Durchmesser des Objektivs entspricht.

Der Winkel, den die beiden Grenzstrahlen BO und B_1O einschließen, ist der zur Verwendung gelangende Bildwinkel des Objektivs; N_1ON der größte Winkel des Beleuchtungskegels. Man kann daher das bei der Vergrößerung erforderliche Verhältnis zu einander auch so ausdrücken,

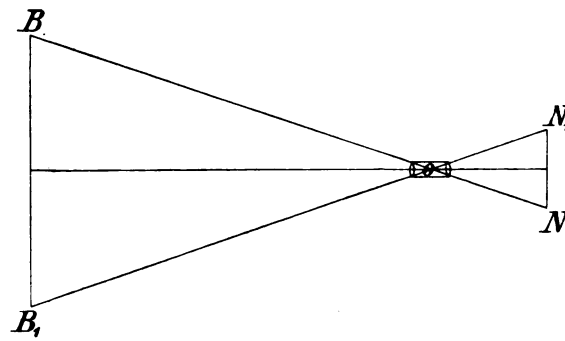


Fig. 1.

daß der Öffnungswinkel des Beleuchtungskegels gleich sein muß dem Bildwinkel des Objektivs, welches zur Aufnahme diente.

Bleiben wir zunächst bei dem eben angenommenen idealsten Falle, daß alle beleuchtenden Strahlen nach dem Mittelpunkte des Vergrößerungssystems konvergieren, so muß offenbar die Lichtquelle so beschaffen sein, daß ein jeder von dem Objektivmittelpunkte nach dem Negativ gezogene Strahl nach seiner Verlängerung auch die Lichtquelle treffen kann. Sie muß also mindestens den Durchmesser des Negativs haben, ja sie muß noch größer sein, da es nicht wohl angängig ist, die Platte

in der Lichtquelle selber anzubringen. Die einzige Lichtquelle, die vermöge ihrer Ausdehnung eine direkte rationelle Anwendung gestattet, ist der helle Himmel. Alle übrigen müssen durch besondere Vorrichtungen künstlich vergrößert werden, insbesondere unsere durch Gas, Petroleum und Elektrizität gespeisten Flammen.

Die Benutzung des Himmels als Lichtquelle bietet mancherlei Unannehmlichkeiten, so daß wir die nötigen Vorrichtungen hier übergehen und auf die einschlägigen Kapitel in den Werken über die Makrophotographie verweisen. Viel handlicher gestalten sich die Apparate, wenn man die Vergrößerungen nicht mit Tageslicht, sondern mit künstlichen Lichtquellen herstellt. Die künstlichen Lichtquellen geben im großen und ganzen immer eine gleichmäßige Helligkeit. Infolgedessen kann man die Belichtungszeit leichter beurteilen lernen. Jedoch ist die Anwendung, wie schon oben gesagt, direkt nicht möglich, weil die leuchtende Fläche zu klein ist. Um sie einigermaßen zu vergrößern, ließe sich zwischen Lichtquelle und Negativ eine Mattscheibe einschalten. Dann dient nicht die Lampe als Lichtquelle, sondern die durch sie erleuchtete Mattscheibe. Dadurch wird aber ein erheblicher Lichtverlust bedingt und das erstrebte Ziel einer gleichmäßigen Beleuchtung auch nur unvollkommen erreicht. Infolgedessen schaltet man bei Benutzung künstlicher Lichtquellen besondere **Beleuchtungslinsen** ein. Was diese Beleuchtungslinsen CC_1, $C^*C^*_1$ leisten müssen, geht aus Fig. 2 (S. 6) hervor. Sie sollen einen Beleuchtungskegel liefern, der das Negativ NN_1 vollständig erhellt und so konvergiert, daß seine Spitze in der Blendenebene des Objektivs O liegt. Nun liefert eine Linse konvergente Strahlen, wenn die Lichtquelle in der Entfernung ihrer doppelten Brennweite oder in größerer Entfernung steht. Je weiter die Lichtquelle sich vor der Linse befindet, um so kleiner ist der noch auf sie

fallende für die Beleuchtung nutzbare Strahlenkegel. Er ist aber am größten bei der Stellung der Lichtquelle im Brennpunkt. In diesem Falle ist das durchgehende Licht parallel, d. h. für die richtige Beleuchtung unbrauchbar. Paralleles Licht läßt sich leicht konvergent machen durch eine zweite Linse, und so ist durch das Streben, möglichst viel Licht nutzbar zu machen, die Verbindung von wenigstens zwei Linsen nötig, und zwar so, daß die Lichtquelle L im Brennpunkt der ihr zugekehrten CC_1 steht, das entstandene parallele Licht auf $C^*C^*_1$ fällt und deren Brennpunkt im Objektiv liegt. Auf diese Weise erfüllt man die Forderung,

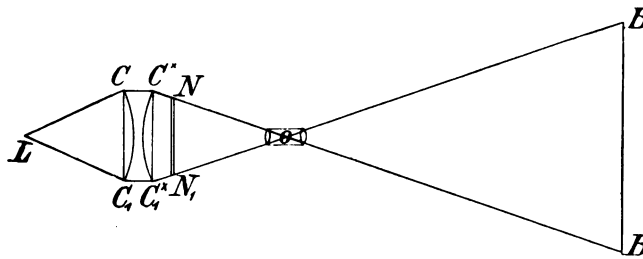


Fig. 2.

daß jeder von dem Objektiv nach dem Negativ gezogene Strahl bei seiner Verlängerung die Lichtquelle treffe, selbst bei einer punktförmigen Lichtquelle unter gleichzeitiger Ausnutzung des größtmöglichen Beleuchtungskegels ebenso einfach wie rationell. Aber diese Anordnung bietet noch einen anderen Vorteil. Es haben nämlich alle Strahlen, welche durch den Kondensor hindurchtreten, auch den richtigen Konvergenzgrad, während bei der direkten Anwendung einer ausgedehnten Lichtquelle zahlreiche Strahlen zwar das Negativ, aber nicht das Vergrößerungssystem treffen, für die Bilderzeugung also nutzlos sind.

Um nicht zu große Beleuchtungslinsen, oder wie man sie auch nennt, **Kondensoren** benutzen zu müssen, bringt

man die zu vergrößernde Platte so dicht als möglich vor ihnen an.

Gegenwärtig sind am meisten verwendet Systeme aus zwei miteinander verbundenen, plankonvexen Linsen. Es müssen nun bestimmte Beziehungen zwischen dem Durchmesser der Kondensorlinsen und ihrer Brennweite einerseits und der Brennweite des Kondensors und des Vergrößerungsobjektivs andererseits inne gehalten werden, um die günstigsten Bedingungen für die größte Helligkeit zu erzielen. Die einfachste brauchbare Form ist die, bei der zwei gleiche plankonvexe Sammellinsen so miteinander verbunden sind, daß die gekrümmten Flächen sich nahezu berühren (Fig. 3). Wird die Lichtquelle so aufgestellt, daß sie im Brennpunkt der ersten Linse steht, treffen die Strahlen auf die zweite parallel auf und vereinigen sich wiederum in deren Brennpunkt. Dieser Brennpunkt soll, wie bereits gesagt, annähernd in der Blendenebene des Vergrößerungsobjektivs liegen. Vgl. Fig. 2. Da nun das zu vergrößernde Negativ so zwischen Kondensor und Objektiv eingeschaltet werden muß, daß es weiter als die einfache Brennweite des Objektivs von letzterem absteht, so muß jede Linse des Doppelkondensors eine größere Brennweite haben, als das benutzte Objektiv, und zwar, um mittlere Werte zu erhalten, ungefähr $^1/_3$ bis $^1/_2$ mehr. Die geeigneten Bedingungen für die Herstellung der Kondensoren hat Miethe in Eders Jahrbuch 1894, S. 210 ff. auseinandergesetzt. Nach ihm soll der Durchmesser der Linsen $^1/_3$ kleiner sein, als die Brennweite der Einzellinsen beträgt, und der Durchmesser wiederum soll um $^1/_{10}$ die Diagonale des Negativs übertreffen. Wenn also z. B. ein

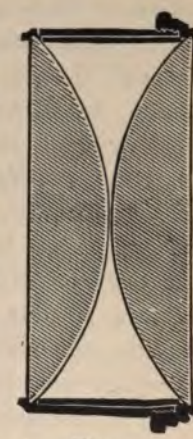


Fig. 3.

Negativ 13 × 18 vergrößert werden soll, so beträgt dessen Diagonale 22,5 cm. Der Kondensor müßte also einen Durchmesser von 25 cm, bei einer Brennweite der Einzellinsen von etwa 33 cm, das Objektiv eine Brennweite von 25—29 cm haben. Bei dem Format 9 × 12 sind die Maße: Kondensor 16,5 cm Durchmesser, 22 cm Brennweite der Einzellinsen, 15 cm des Objektivs.

Um nun nicht bei jeder Änderung der Vergrößerung verschiedene Kondensoren und Objektive benutzen zu müssen, richtet man seinen Vergrößerungsapparat zweckmäßig so ein, daß sowohl die Lichtquelle, wie die beiden einzelnen Linsen des Kondensors und das Objektiv verstellbar sind. Dann gelingt es, innerhalb ziemlich weiter Grenzen bei Änderung der Vergrößerung den gestellten Forderungen für eine gleichmäßige Beleuchtung des Negativs gerecht zu werden. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient namentlich das Verhältnis des wirksamen Öffnungswinkels des Kondensors zu dem Bildwinkel des Objektivs. Es ließe sich denken, daß man bei einem Kondensor von beispielshalber 33 cm Brennweite auch ein Objektiv mit viel kürzerer, von z. B. 10 cm Brennweite, benützen könnte, wenn man nur das Objektiv in die Spitze des Beleuchtungskegels bringt und das Negativ ihm so weit nähert, als die Scharfeinstellung erfordert. Aber die Resultate sind durchaus mangelhaft, weil eben der Kondensor und das Objektiv einen zu verschieden großen Bildwinkel haben und die Linsenfehler des Kondensors bei kleineren Objektiven störender wirken, als bei ihm entsprechenden. Zudem kommt es in solchen Fällen oft vor, daß die Linsen oder die Fassung des Objektivs einen Teil der Randstrahlen des Beleuchtungskegels entweder außen oder innerhalb der Fassung abschneiden. Tritt das ein, so wird nicht mehr das ganze Negativ abgebildet und die Randteile erleiden eine Verdunkelung. Aus diesem Grunde kann man die Bedingung einer gleichmäßigen

Beleuchtung für die Zwecke der Praxis auch so ausdrücken, daß man sagt, der Lichtkegel des Kondensors muß die hintere Linse des Objektivs gerade voll erleuchten, wenn seine Spitze in der Blendenebene liegt. Dies ist nur der Fall, wenn eben Bildwinkel und Öffnungswinkel der Linsen die gleichen sind.

Was bisher besprochen ist, die Anpassung von Beleuchtungskegel und Objektivbildwinkel und die Abstimmung der Brennweiten von Kondensor und Objektiv zu einander, bildet die Hauptgrundlage für die Vergrößerung und Mikrophotographie.

Was noch zu erörtern ist, kann nur, um einen Vergleich zu wählen, das vorhandene Skelett mit seinen Weichteilen umgeben, die, so wichtig sie für die Gesamtfunktion sind, doch durch das feste Gerüst bedingt sind. Man hat statt der zweifachen Kondensoren in sehr billigen Apparaten auch solche mit nur einer Linse verwendet. Um auch die Kosten für diese Linse noch zu sparen, hat Neuhauß den Vorschlag gemacht, zwei hinreichend große Uhrgläser mit ihren Rändern zusammenzulegen, durch ein Gummiband zu dichten und den eingeschlossenen, linsenförmigen Hohlraum mit Alkohol oder Wasser zu füllen. In der Tat kann für den Fall der Not ein derartiger Kondensor gelegentlich aushelfen, aber für ein andauerndes und vielseitiges Arbeiten ist er nicht recht ausreichend und für die volle Lichtausnutzung ungeeignet.

Das Gleiche gilt von den Apparaten, welche statt der Linsen Hohlspiegel, die hinter der Lichtquelle als **Reflektoren** angebracht sind, enthalten. In der Regel sind diese Reflektoren nach Analogie der Beleuchtungspraxis des täglichen Lebens so befestigt, daß die Lichtquelle in ihrem Brennpunkt steht. Das ist aber grundfalsch, weil dann die reflektierten Strahlen parallel auf das Objektiv treffen. Der Reflektor muß vielmehr so stehen, daß die von ihm zurück-

geworfenen Strahlen sich im Objektiv vereinigen. Da aber außer diesen reflektierten konvergenten Strahlen noch die divergenten direkten Strahlen der Lichtquelle das Vergrößerungsobjekt treffen, so kann infolge dieser doppelten Beleuchtung das Resultat nur ein mangelhaftes sein. Derselbe Fehler wird auch gelegentlich bei der Kombination von Kondensor und Reflektor begangen. Während dann die direkten Strahlen divergierend auf den Kondensor auffallen, sind die reflektierten parallel. Die natürliche Folge ist, daß die beiden Strahlensorten durch den Kondensor in zwei verschiedenen Punkten vereinigt werden, wodurch das Bild unscharf und schleirig wird. Die reflektierten Strahlen müssen vielmehr in der vorderen Fläche der Lichtquelle ihren Brennpunkt haben. Durch geschickte Wahl der Brennweite des Reflektors muß der Konstrukteur dann noch Sorge tragen, daß die nach der Vereinigung in der Lichtquelle nun divergent weitergehenden Reflexstrahlen die Kondensorlinse gerade voll beleuchten. Am ehesten lassen sich solche Einrichtungen noch für die Zwecke der Projektion verwenden, viel weniger aber zur Herstellung von photographischen Vergrößerungen.

Um noch mehr Licht auszunutzen, als es mit Hilfe eines Doppelkondensors möglich ist, werden auch **dreifache Kondensoren** hergestellt. Sie ermöglichen nicht nur eine hellere, sondern auch eine gleichmäßigere Beleuchtung, aber sie sind erheblich teurer. Für die Zwecke der rein photographischen Praxis genügen vollauf die Doppelkondensoren, während für die später zu besprechende Mikrophotographie und die Projektion in großen Räumen die dreifachen Kondensoren unbedingt vorzuziehen sind.

Wichtig ist ferner, daß die Kondensorlinsen in ihren Fassungen locker sitzen, damit sie sich bei eintretender Erwärmung genügend ausdehnen können. Können sie das nicht, so zerspringen sie leicht. Die Fassung soll so ein-

gerichtet sein, daß die Linsen bequem herausgenommen und gereinigt werden können. Bei längerem Gebrauche, in feuchter und staubiger Luft trüben sich nicht nur die Außenflächen, sondern auch die Innenwölbungen. Hierdurch entsteht Lichtverlust und unregelmäßiger Gang der Lichtstrahlen. Um nach Möglichkeit ein Beschlagen der Linsen durch Wasserdampf zu vermeiden, muß die Fassung mehrfach weite Bohrlöcher erhalten, um eine Zirkulation der Luft auch im Inneren des Systems zu ermöglichen. Am besten faßt man beide Hälften eines Kondensorsystems für sich und richtet die Hälften verschiebbar ein, um beim Wechsel des Vergrößerungsobjektivs den Strahlengang genügend abstimmen zu können. Je weißer das Glas, um so geringer ist der Lichtverlust durch Absorption. Schlieren und Blasen im Glase bilden sich mit ab, sind also zu vermeiden, namentlich bei photographischen Arbeiten.

Als **Lichtquellen** für die Zwecke der Vergrößerung und Mikrophotographie können alle möglichen dienen. Die einfachen und billigen Apparate sind mit gewöhnlichen **Flach-** oder **Rundbrenner-Petroleumlampen** ausgerüstet. Dabei achte man auf genügende Höhe des Schornsteins, weil bei ungenügendem Zuge derartige Lampen schlecht brennen und sehr üble Gerüche und Dünste erzeugen.

Außer den Petroleumlampen können auch **Gaslampen,** und namentlich das **Auersche Glühlicht,** als gute Lichtquelle dienen. Eine größere Helligkeit erreicht man durch Benutzung von **Knallgaslampen.** Man bedient sich hierbei der Linnemannschen Brenner und ähnlicher Konstruktionen (Fig. 4, S. 12), bei denen die Mischung des Gases bei richtiger Handhabung erst außerhalb der Rohre des Brenners erfolgt. Dadurch wird nicht nur die Explosionsgefahr vermieden, sondern auch ermöglicht, den heißesten Teil der Flamme besser auf den Glühkörper wirken zu lassen. Sie

bestehen im wesentlichen aus zwei ineinander befindlichen Röhren, durch deren äußere das Gas, durch deren innere der Sauerstoff geleitet wird. Durch diese Knallgasflamme wird ein Kalk- oder Zirkonstift zur Weißglut erhitzt. Derartige Lampen geben ein sehr helles, intensives Licht und genügen nicht nur für die Zwecke der Vergrößerungsphotographie, sondern auch für die Projektion in kleineren

Fig. 4.

Räumen und für die Mikrophotographie. Die Kalkstücke bestehen aus ungelöschtem Kalk und erfordern sorgfältige Aufbewahrung, damit sie keine Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, sind also nach jedesmaligem Gebrauche wieder in die beigegebene, luftdicht geschlossene Kapsel zu bringen. Vielfach ist jeder einzelne in einer zugeschmolzenen Glasröhre eingeschlossen. Fast alle haben den Nachteil, daß durch die Flamme der Kalk zusammensinkt. Dabei ent-

steht eine Vertiefung, und die Helligkeit nimmt wesentlich ab. Daher sind alle Kalklichtapparate mit einem drehbaren Kalkkörper zu versehen, um immer neue ungeglühte Stellen zur Weißglut erhitzen zu können. Die besten Kalkcylinder kommen aus England.

Statt des Kalkes wird in neuerer Zeit auch vielfach **Zirkonerde** verwendet. Man bringt entweder die Erde in einen Platinteller, oder man preßt aus ihr kleine Cylinder von etwa 1 cm Durchmesser und 2—3 cm Länge. Die Scheiben sind unzweckmäßig, weil sie bald reißen und abblättern. Besser sind die Cylinder, jedoch ist dabei besonderer Wert darauf zu legen, daß sie recht hart sind. Wenn bei längerer Benutzung der vordere Teil dieser Cylinder rissig wird und abblättert, so kann man mittelst eines Messers den unbrauchbaren Teil abschneiden und wieder eine glatte Fläche herstellen. Zirkoncylinder halten, wenn sie gut sind, recht lange.

Das Anheizen der Kalk- und Zirkoncylinder erfolgt so, daß man zunächst das Gas oder den Wasserstoff entzündet und so lange brennen läßt, bis der Körper zu glühen beginnt. Erst dann läßt man den Sauerstoff hinzutreten. Die heißesten Flammen erreicht man bei Benutzung von **Wasserstoff** und **Sauerstoff**, jedoch genügt es für die meisten Fälle auch, statt des Wasserstoffes gewöhnliches **Leuchtgas** zu nehmen. Der **Sauerstoff** sollte ausschließlich in komprimiertem Zustande, wie er von der Sauerstofffabrik vormals Dr. Theodor Elkan in Berlin und den Kohlensäurewerken J. F. Rommenhöller in Berlin in Stahlcylindern geliefert wird, benutzt werden. Auf diese Weise spart man nicht nur den zur Selbstdarstellung nötigen, ziemlich kostspieligen Apparat, sondern man vermeidet auch die nicht unerhebliche Explosionsgefahr aller derartigen Apparate. Seitdem wiederholt Explosionen von Stahlcylindern vorgekommen sind, hat sich eine gewisse Ängstlichkeit be-

merkbar gemacht, die aber durchaus ungerechtfertigt ist. Allerdings befindet sich der Sauerstoff in den Stahlcylindern unter einem Drucke von 100 Atmosphären, aber diesen Druck halten die auf 250 Atmosphären amtlich geprüften Cylinder mit Leichtigkeit aus, und es ist bisher noch kein Fall bekannt, daß Sauerstoffcylinder deutschen Ursprunges explodiert wären. Selbstverständlich ist deshalb die nötige Vorsicht nicht außer acht zu lassen, und namentlich hat man sich davor zu hüten, die Cylinder aus einiger Höhe auf Steinboden herabfallen zu lassen. Elkan liefert auch **komprimierten Wasserstoff** in ähnlichen Gefäßen, welche, zum Unterschiede von den Sauerstoffcylindern, nicht nur rot angestrichen, sondern auch mit entgegengesetztem Gewinde wie die Sauerstoffcylinder versehen sind. Eine Verwechselung der beiden Cylinder ist nicht leicht möglich. Bei der Benutzung von Leuchtgas hat man nicht selten Schwierigkeiten bei der Regulierung des Druckes, weil natürlich der Druck abhängig ist von dem Drucke innerhalb der Leitung. In Berlin schwankt der Druck am Tage innerhalb recht erheblicher Grenzen und steigt abends um ein Bedeutendes an. Die Regulierung des Sauerstoffdruckes erfolgt durch ein sogenanntes **Reduzierventil,** welches den Druck von 100 Atmosphären bis auf Bruchteile einer einzigen herabzumindern gestattet. Eine weitere Möglichkeit, den Druck zu regulieren, hat man in dem mehr oder weniger weiten Öffnen der Abflußhähne. Je stärker der Druck, um so heißer die Flamme und um so heller das Licht; jedoch brennen alle derartigen Gebläseflammen bei stärkerem Druck mit einem äußerst störenden, lauten Zischen. Verfasser reguliert seine Lampen daher stets so, daß sie ohne jedes Geräusch brennen. Die Helligkeit dabei ist allerdings nicht die erreichbar größte. Wenn die Flamme des Linnemannschen Brenners richtig reguliert ist, so bildet sich in einer gewissen Entfernung vor der Ausströmungsöffnung

in der Stichflamme ein kleiner bläulicher Ring. Dies ist der Ort der größten Hitze, und dahin kommt der Zirkon- oder der Kalkcylinder. Tritt der Schnürring nicht auf, so findet die Mischung des Gases im Brenner statt, was unbedingt vermieden werden muß. In Fig. 5 ist, nach Gestalt und Größe abgebildet, *a* die Flamme welche bei schlechter Regulierung, *b* bei geräuschlosem Brennen, *c* bei starkem Zischen entsteht. Um den Schnürring zu beobachten, muß man natürlich von der Seite her die Flamme betrachten, um die Augen nicht zu blenden. Die zischenden Flammen blasen den Glühkörper teilweise so stark kühl, daß ein dunkler, störender Fleck entsteht. Statt des komplizierten Linnemannschen Brenners genügen zumeist auch die nach dem gleichen Prinzip konstruierten, in den Reguliervorrichtungen einfacher gehaltenen. Sehr hell brennen die neueren Lampen mit Doppelflamme.

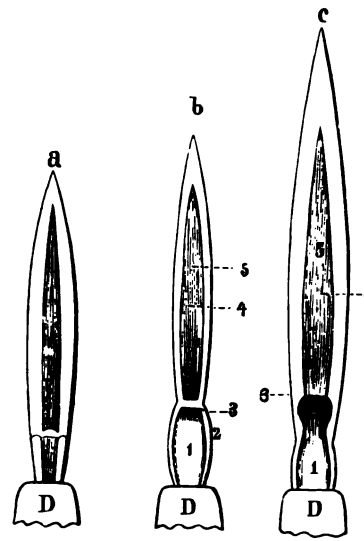


Fig. 5.

Zum Ersatze von Kalk und Zirkon sind ähnliche Körper hergestellt aus Magnesia, jedoch sind sie wenig haltbar.

Um für den Fall, daß eine Gasleitung nicht vorhanden ist, dennoch die Benutzung des Kalklichtes zu ermöglichen, ist von der Firma Dräger in Lübeck ein neuer Brenner fabriziert. Das Leuchtgas ersetzt hierbei mit Kohlenstoff angereicherte Luft, die in einer mit Gasolin gefüllten Vergaserdose erzeugt wird. Diese Dose steht außerhalb des Apparates und wird durch einen Gummischlauch mit dem

Brenner verbunden. Durch den unter einem Drucke von ca. $^1/_2$ Atmosphäre ausströmenden Sauerstoff wird in dem eigenartig konstruierten Brenner Luft angesaugt, die durch das Gasolin streichen muß. Dieser Brenner arbeitet sehr zuverlässig, gibt ca. 250 Kerzen Helligkeit und ist preiswert.

Lampen mit gleichsam eigener Gasfabrik sind auch neue Gasglühlampen, die Mitalampen. Als Brennstoff dient Benzin-Luftgemisch, welches durch eine am Benzinbehälter angebrachte Gummidruckbirne unter Druck gesetzt wird. Durch eine kleine Hilfsflamme wird die Vergasung eingeleitet und mit einer Regulierschraube der Gaszufluß geregelt. Das Benzin setzt angezündet einen Auerschen Glühstrumpf in Weißglut. Das Licht ist blendend weiß und sehr intensiv, allerdings zischt die Lampe etwas. Bei sinngemäßer Handhabung ist eine Explosionsgefahr ausgeschlossen. Hierher gehören auch die Spiritus- und Petroleumglühlichtlampen.

Die Cylinder mit komprimierten Gasen haben die Unannehmlichkeit, daß man ihnen nie ansehen kann, wie viel Gas sie noch enthalten. Um diesem Fehler abzuhelfen, ist es nützlich, zwischen Cylinder und Reduzierventil noch ein kleines Hilfsmanometer, ein sog. **Finimeter,** anzubringen, das den jeweiligen Gesamtdruck und die daraus folgende Menge des noch vorhandenen Gases angibt. Dringend zu beachten ist, daß bei den Cylindern mit komprimiertem Sauerstoff die Gewinde am Cylinder und den Manometern nicht geölt werden dürfen, weil der verdichtete Sauerstoff mit fetten Ölen explosibele Verbindungen eingeht. Man reinige die Gewinde und Metallteile durch Putzen mit Wasser oder stark verdünntem Glycerin.

Das intensivste Licht gibt das **elektrische Bogenlicht.** Natürlich setzt seine Benutzung das Vorhandensein einer Starkstromanlage voraus. Es kann hier nicht näher eingegangen werden auf die einzelnen Konstruktionen der elektrischen Bogenlampen. Für unsere Zwecke bewährt sich am

meisten die Projektionslampe von Schuckert oder eine analoge Konstruktion, welche automatisch reguliert und schrägstehende Kohlen hat. Da alle elektrischen Lampen auf eine bestimmte Stromstärke eingerichtet sind, so kann eine Lampe nicht unmittelbar an die Stromleitung angeschlossen werden, sondern erst nach Einschaltung eines geeigneten Widerstandes. Alle derartigen Einrichtungen läßt man ausschließlich von Fachleuten besorgen. Viele ziehen statt der selbst regulierenden Lampen solche mit Handregulierung vor. Das elektrische Glühlicht ist ungeeignet, ebenso das Nernstlicht, weil die leuchtende Fläche zu klein ist. Punktförmige Lichtquellen spuken in der theoretischen Erörterung gar oft, für die Praxis sind sie unbrauchbar.

Eine weitere, sehr helle Lichtquelle sind die **Magnesiumlampen,** aber sie haben sich nicht recht eingebürgert; einmal, weil beim Verbrennen des Magnesiums ein lästiger Rauch entsteht, und dann, weil es bis jetzt noch keine Lampe gibt, welche einen unveränderlichen Lichtpunkt hat und gleichmäßig brennt. Allerdings würde die sinnreich konstruierte Lampe von Ney diesen Bedingungen genügen, wenn es geeignetes Magnesiumband gäbe. Für photographische Zwecke wäre das Magnesiumlicht das bei weitem geeignetste.

Ein für die Zwecke der photographischen Praxis sehr vollkommener Apparat für künstliches Licht ist der von Schmidt & Hänsch in Berlin hergestellte und in Fig. 6 (S. 18) abgebildete Vergrößerungsapparat. Er besteht aus einem festen Kasten aus Mahagoni, welcher zur Aufnahme der Lichtquelle bestimmt ist. In der beigegebenen Abbildung ist ein Linnemannscher Brenner mit Regulierung von außen in den Apparat eingesetzt. Statt dieses Brenners könnte natürlich auch irgend eine andere der besprochenen Lichtquellen in dem Apparat Verwendung finden. Bei *d* und *e*

befinden sich die Kondensoren, welche gegeneinander verschiebbar sind, bei *f* der Rahmen für das zu vergrößernde Negativ und bei *g* das Objektiv. Die scharfe Einstellung des projizierten Bildes erfolgt durch Verschieben der vorderen Kamerawand mit dem Objektiv durch Zahntrieb.

Außer diesem Apparat gibt es noch mancherlei Konstruktionen im Handel, die aber stets erst auf ihre Verwend-

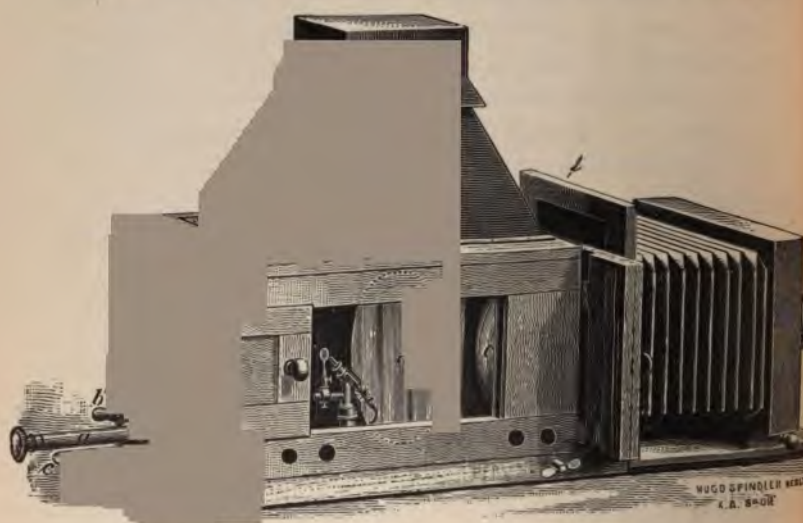


Fig. 6.

barkeit geprüft werden müssen, weil sie keineswegs alle sachverständig zusammengestellt sind.

Wer sich keinen besonderen Vergrößerungsapparat kaufen will, kann sich mit einer durch alle besseren Handlungen zu beziehenden Laterne mit Kondensor begnügen (Fig. 7), die mit einer gewöhnlichen Kamera kombiniert wird in der aus der Figur ohne weiteres ersichtlichen Weise. Nach ähnlichen Prinzipien kann man sich auch von jedem Klempner oder Tischler ein entsprechendes Lampengehäuse bauen

lassen. Es kommt vor allem darauf an, daß allen den besprochenen Beziehungen zwischen Kondensor, Objektiv, Bildgröße u. s. w. Genüge geleistet wird. Im übrigen läßt sich mit sehr geringen pekuniären Hilfsmitteln ein durchaus verwendbarer Apparat herstellen.

Als **Objektiv** für die Vergrößerung dient am einfachsten dasselbe, mit dem die Aufnahme gemacht ist, und

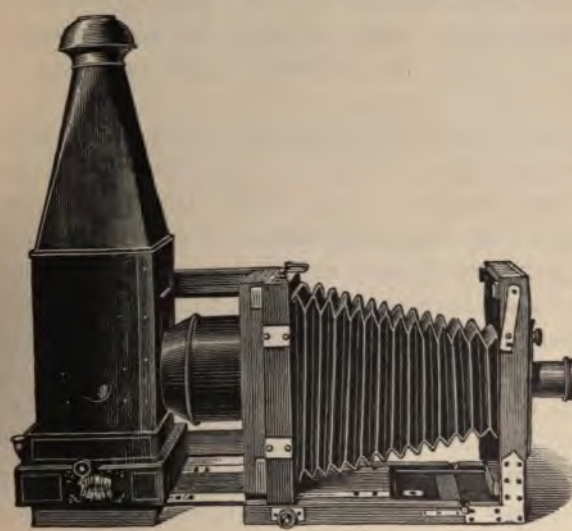


Fig. 7.

es ist daher nicht nötig, sich ein besonderes Objektiv für den Vergrößerungsapparat anzuschaffen. Wenn jedoch ein vorhandenes Objektiv benutzt werden soll, so achte man darauf, daß es zu dem Kondensor in richtigen Beziehungen steht. Jedenfalls muß das Objektiv, welches zur Vergrößerung dienen soll, mindestens die Plattengröße auszeichnen, welche vergrößert werden soll. Auf die Größe des herzustellenden Bildes kommt es dabei nicht an. Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß viele

käufliche Apparate minderwertige Objektive besitzen. Die alten Petzvalkonstruktionen eignen sich höchstens für eine bescheidene Projektion. Zur guten Projektion und zur photographischen Vergrößerung sind nur gute, lichtstarke Linsen zu empfehlen, wie die lichtstarken Serien der Doppelanastigmate (Goerz), besonders Typus B, der Collineare (Vogtländer), der Planare und Unare (Zeiß), Antiplanete und Orthostigmate von Steinheil u. dergl. Lichtschwache Objektive haben oft zu kleine Linsendurchmesser, zu lange Fassungen u. s. w., sodaß nicht das ganze Negativ abgebildet wird.

Um den Vergrößerungsapparat in Betrieb zu setzen, wird nach Entzündung der Lichtquelle das Negativ auf der Projektionsfläche annähernd eingestellt. Dann ist in der Regel die Beleuchtung eine mangelhafte. Um sie zu korrigieren, entfernt man das Negativ und Objektiv und verschiebt die Lichtquelle und eventuell die beiden Linsen des Kondensors so, daß die Spitze des austretenden Lichtkegels annähernd dahin fällt, wo vorher die Blendenebene des Objektivs lag. Nun wird das Objektiv wieder eingesetzt. Falls die Lichtquelle nicht genau in der optischen Achse des Objektivs steht, so treten — vorausgesetzt, daß der Kondensor nicht etwa fehlerhaft ist — in dem Gesichtsfelde farbige Flecke und Kreise auf, welche durch Heben und Senken der Lichtquelle, bezw. durch Verschieben nach rechts und links beseitigt werden können. Ist das Gesichtsfeld vollständig gleichmäßig erleuchtet, so wird das Negativ wieder in seinen Rahmen eingesetzt und scharf eingestellt. Das Objektiv wird mit nahezu voller Öffnung benutzt, weil beim Abblenden ebenfalls farbige Flecke entstehen. Selbst wenn der Apparat einmal genau eingestellt und centriert ist, versäume man doch nicht die Kontrolle auf eine gleichmäßige Beleuchtung des Gesichtsfeldes, ehe man das Bild endgültig einstellt. In der Regel wird in diesem Falle allerdings nur eine kleine

Verschiebung der Lichtquelle, entsprechend der veränderten Vergrößerung, nötig sein.

Auf die photographische Technik der Vergrößerung und die genaue Handhabung der einzelnen Apparate hier näher einzugehen, verbietet Raum und Zweck des vorliegenden Buches. Es sei diesbezüglich auf die ausgiebig vorhandene Literatur verwiesen.

Sehr einfach und billig ist die Benutzung des Vergrößerungsapparates zur Herstellung von **Wandtafeln** durch Zeichnung. Von dem Original wird ein passendes Diapositiv hergestellt und auf die geeignete Zeichenfläche in der gewünschten Größe projiziert und das so erhaltene Bild mit der Hand nachgezeichnet. Das Zeichnen erfordert hierbei keine besondere Übung, weil man eben nur die vorhandenen Linien nachzuziehen hat. Immerhin gehört aber einiges Verständnis dazu, damit die Zeichnungen nun auch in der Tat die verlangte Wirkung ausüben und nicht ein unverständliches Gewirr zahlloser Linien und Einzelheiten darstellen. Verwirrende Einzelheiten können weggelassen, wichtige Verhältnisse besonders hervorgehoben werden. Die so gewonnenen Skizzen kann man beliebig ausführen, mit Aquarell-, Öl- oder Pastellfarben kolorieren. Ohne viel Kunst ist da viel zu erreichen.

Selbst die Herstellung des Diapositivs kann oft unterbleiben. Bei Strichzeichnungen und dergleichen genügt meist ein klares Negativ. Verfasser macht derartige Aufnahmen auf Diapositivplatten, die sehr klare und bei richtiger Entwickelung genügend durchscheinende Vorlagen liefern. Einfache Zeichnungen braucht man nur auf sehr durchsichtigem Pauspapier nachzuzeichnen. Noch besser eignen sich zu diesem Zwecke die Deckfolien der Seccofilms. Als bewährtestes Papier ist ein auf Leinewand aufgezogenes, radier- und tuschfestes Fabrikat im Handel, von dem der laufende Meter ca. 3 Mk. kostet. Die Umrisse

zieht man mit ca. 3—5 mm dicken schwarzen Strichen (Ausziehtusche von Günther & Wagner) nach und legt über die Figuren einen leichten gelblichen, bräunlichen oder sonstwie passenden Ton. Derartige Tafeln reichen für die größten Hörsäle aus.

Nicht nur der Unterricht auf der Universität, sondern auch auf der Schule und im Hause könnte von dieser Art, Wandtafeln herzustellen, vorteilhaft Gebrauch machen. Mancher der Lehrer ist ein tüchtiger Photograph und gar manche der Lehrerinnen eine tüchtige Malerin. Wenn sie ihre Talente in den Dienst ihrer Schule stellen würden, so könnten sie die zum Teil sehr primitiven und langweiligen Tafeln im Anschauungsunterricht durch lebenswahre und interessante Bilder ersetzen. Dadurch gewinnt der Unterricht für Lehrer und Schüler neue Anregung. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß liberale Schulvorstände ihren Lehrern auf diese Weise Gelegenheit geben, ihr häufig, vornehmlich bei den weiblichen Lehrkräften, recht kärgliches Einkommen durch einen geringen Nebenverdienst aufzubessern im Dienste der Schule selber. Hoffentlich ist die Zeit nicht mehr ferne, wo die Vorgesetzten anerkennen, daß nicht nur der Unterricht durch solche Extraleistungen geschickter Lehrer, Assistenten und anderer Hilfskräfte Vorteil hat, sondern daß auch Extraleistungen eben Extraleistungen sind und als außerhalb amtlicher Verpflichtung einen besonderen Dank und angemessenen Lohn in barem Gelde verdienen. Solchen Untergebenen aber, deren Chefs keine richtige Erkenntnis haben, kann nur auf das dringendste empfohlen sein, keine außerordentlichen Talente zu haben. Man überlasse das dann den Strebern, die sich und ihre Leistungen keines würdigen Lohnes wert halten.

Alle die Vergrößerungsapparate können nun auch gleichzeitig als **Projektionsapparate** dienen, um einem größeren Auditorium Photogramme vorzuführen. Zu dem Ende stellt

man Diapositive her und projiziert sie auf eine möglichst weiße, glatte Fläche. Derartige **Projektionsflächen** bestehen entweder aus reinem, weißen Papier, oder aus weißer Leinwand, die auf einem entsprechenden Keilrahmen aufgespannt wird. Um diese Projektionsfläche noch weißer und strahlender zu machen, als die Leinwand an und für sich ist, wird sie noch mit einem Anstrich von dünnem Gipsbrei, dem etwas Leim zugesetzt wurde, überzogen. Das früher vielfach beliebte Projizieren auf einer durchscheinenden Leinwand ist wegen des damit verbundenen Lichtverlustes nicht praktisch.

Die Verwendung des Projektionsapparates als Lehrmittel kommt erst in der neueren Zeit mehr und mehr in Aufnahme und hat große Vorteile gegenüber dem Herumreichen von Originalbildern. Es ist nämlich auf diese Weise möglich, dem Auditorium gleichzeitig die besprochenen Dinge vorzuführen und ihm gerade das zu zeigen, worauf es im speziellen Falle ankommt. Beim Herumreichen erhält der einzelne oft die Bilder zu Zeiten, wo bereits andere Dinge besprochen werden. Dadurch wird seine Aufmerksamkeit abgelenkt, und schließlich weiß mancher nicht mehr, worauf er im vorliegenden Bilde sehen soll, ganz abgesehen davon, daß es vielen Leuten ungemein schwer wird, sich in Photographien, namentlich in Mikrophotogrammen, zurecht zu finden.

Für die Herstellung von speziellen Projektionsapparaten gelten genau dieselben Bedingungen, wie für die Vergrößerung mit künstlichem Licht. Da aber der Lichtabschluß nicht ganz so sorgfältig zu sein braucht und die Aufstellung des Apparates in der Regel eine feste ist und immer dieselbe Entfernung vom Projektionsschirm eingehalten wird, so läßt sich die Konstruktion im einzelnen gegenüber den Vergrößerungsapparaten oft einfacher gestalten. Der Hauptwert ist auf eine möglichst intensive

Lichtquelle zu legen. Für größere Auditorien kommt vorwiegend das elektrische Bogenlicht in Betracht, während für kleinere Versammlungen, Vereine und Schulen auch das Kalk- oder Zirkonlicht genügt. Das Petroleumlicht läßt sich mit Vorteil nur im Familienkreise benutzen, es sei denn, daß man einen der neuen mehrfachen Flachbrenner, z. B. die Stocksche Patentlampe, benutzt, welche etwa 100 Normalkerzen Helligkeit ausstrahlt. Apparate mit elektri-

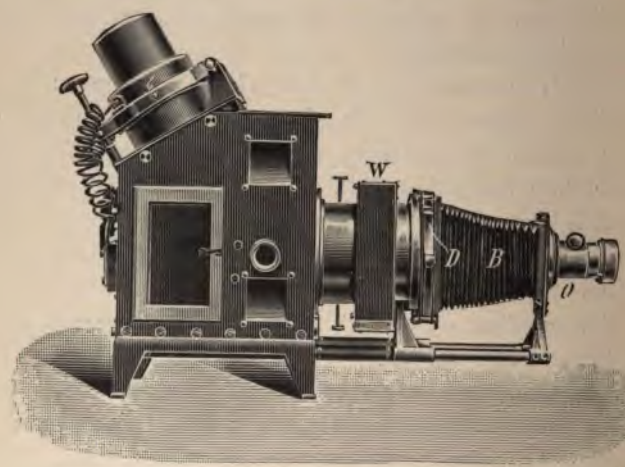


Fig. 8.

schem Lichte werden neuerdings von den verschiedensten Firmen hergestellt, so z. B. von Schmidt & Haensch in Berlin. Bei dem in Fig. 8 dargestellten Apparate dient als Lampe die Schuckertsche Projektionslampe mit schrägen Kohlen. Sie ist direkt mit einem Vorbau für eine Kühl-Kammer, den Kondensor, Bildrahmen und das Objektiv versehen. In Fig. 9 ist die Duboscqsche Lampe für Handregulierung abgebildet, mit im übrigen gleicher Ausstattung wie die vorige. Bei der Benutzung des elektrischen Bogen-

lichtes ist die Einschaltung einer **Kühlkammer** unbedingt nötig, weil andernfalls bei der starken Hitzeentwicklung die Glasbilder leicht springen würden. Zur Kühlung genügt

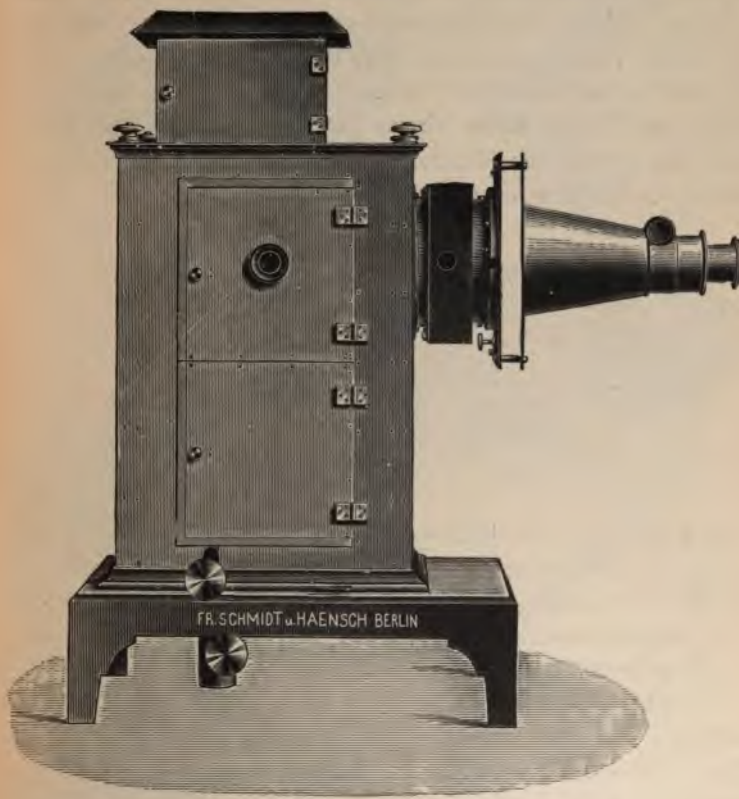


Fig. 9.

durch Kochen luftfrei gemachtes und wieder abgekühltes reines Wasser. Wo es ohne Schwierigkeit möglich ist, richte man den Kühlapparat für fließendes Wasser ein.

Über die zweckmäßige Konstruktion der Bildträger, die Herstellung der Bilder und andere technische Einzelheiten

lese man die zahlreichen, z. T. sehr guten Bücher über Projektionsapparate nach.

Einige Schwierigkeit bietet nun noch die **Projektion von undurchsichtigen Gegenständen,** z. B. von Papierbildern. Diese Projektion wird so vorgenommen, daß ein konischer Vorbau, wie er in Fig. 10 abgebildet ist, vor dem Kondensor seinen Platz findet. Bei diesen Instrumenten steht das Objekt unter einem gewissen Winkel gegen die optische Achse des Kondensors geneigt und wird so beleuchtet, daß das konvergente Strahlenbüschel nach seiner Reflexion an dem zu vergrößernden Objekte ebenso wie vorhin seinen Vereinigungspunkt in der Blendenebene des Objektivs hat. Die unvollkommene Reflexion bedingt einen großen Lichtverlust, und es erfordern daher derartige Einrichtungen sehr starke Lichtquellen und schwache Vergrößerungen. Bleibt der Ort der Projektionsfläche der nämliche, so muß natürlich der ganze Apparat um den entsprechenden Winkel gedreht werden. Während bei der Projektion undurchsichtiger Gegenstände der Gang der Lichtstrahlen eine Knickung in der horizontalen Ebene erleiden muß, erfordern **schwimmende Objekte** eine solche in der vertikalen Ebene. Die Anordnung des Instrumentariums wird aus nebenstehender Abbildung (Fig. 11) ohne weiteres klar. Die Vorrichtung ist einzeln käuflich. Die Figur zeigt die Kombination mit einem gewöhnlichen Skioptikon. Die zur Reflexion dienenden Spiegel müssen auf der Oberfläche versilbert sein, weil die gewöhnlichen Spiegel Doppelbilder erzeugen.

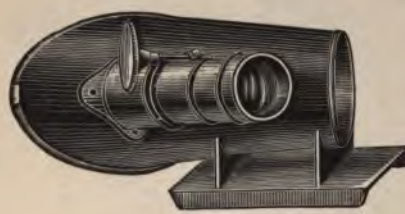


Fig. 10.

Die Projektion undurchsichtiger Objekte war lange Zeit

ein wenig gepflegtes Gebiet, nicht weil das Bedürfnis fehlte, sondern weil es an geeigneten Apparaten mangelte. Erst

Fig. 11.

in der neuesten Zeit ist ein Umschwung eingetreten, seit sich die Firma Carl Zeiß in Jena auch mit diesem Gegenstande befaßt. Das Resultat ist ein sehr vollkommenes In-

strument, das **Epidiaskop,** gleich geeignet für Projektion im auffallenden wie im durchfallenden Lichte. Fig. 12 gibt das Äußere, Fig. 13 ein Konstruktionsschema wieder. Als Lichtquelle dient ein Scheinwerfer mit horizontal liegenden Kohlen,

Fig. 12.

deren positive ihren leuchtenden Krater einem Neusilber-Hohlspiegel zukehrt. In der Regel ist dieser Scheinwerfer für 30 Ampère bei 65 Volt Spannung eingerichtet, und für Gleichstrom bestimmt. Da die Elektrizitätsleitungen 110 oder wie in Berlin 220 Volt Spannung haben, ist durch einen geeigneten Vorschaltwiderstand die höhere Spannung auf das

zulässige Maß zu beschränken. Auf besonderen Wunsch wird auch eine Lampe mit 50 Ampère geliefert. Dazu sind aber ganz besonders dicke Leitungen nötig, ganz abgesehen davon, daß manche Zentralen die Entnahme von 50 Ampère gar nicht gestatten. Auch bei Vorhandensein von Drehstrom

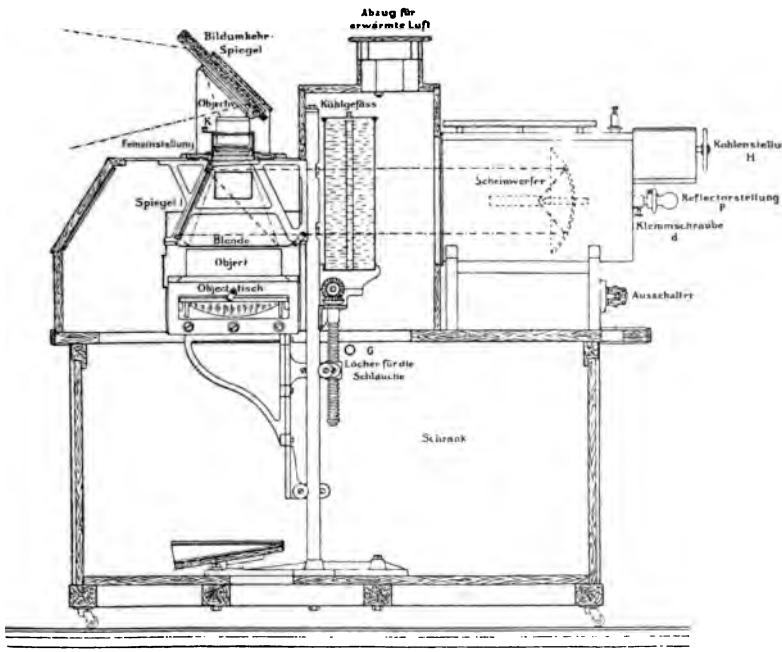


Fig. 13.

oder Wechselstrom bietet der Anschluß Schwierigkeiten. In diesen Fällen ist die Einschaltung von Drehstrom-Gleichstrom- oder Wechselstrom-Gleichstromtransformatoren notwendig, die infolge ihrer Kostspieligkeit die Anlage sehr verteuern. Schwächere Lichtquellen geben zu wenig Licht und berauben den Apparat seiner Brauchbarkeit.

Das durch den Reflektor erzeugte parallele Strahlenbüschel wird nun nach vorne geworfen und passiert zunächst ein großes Gefäß mit Wasser zur Absorption der Wärmestrahlen. Es darf, der Blasenbildung halber, nur ausgekochtes und wieder gut gekühltes Wasser zur Verwendung gelangen. Bei längerem Gebrauche des Apparates genügt aber auch das nicht, und so ist die Einrichtung getroffen, daß sich das Kühlgefäß durch Gummischläuche an die Wasserleitung anschließen läßt. Natürlich muß dann auch ein geeigneter Abfluß für das verbrauchte Wasser vorhanden sein. Ohne Kühlung ist die Wärmeentwicklung so groß, daß die Objekte in Gefahr geraten. Nunmehr treffen die Strahlen auf den geneigten Spiegel I, werden nach unten reflektiert auf den Objekttisch. Durch die Konstruktion des Instrumentes ist die Breite der Objekte auf 30 cm, ihre Dicke auf etwa 16 cm beschränkt, während die Länge mehr oder weniger beliebig sein kann. Von dem Objekte läßt sich eine kreisförmige Fläche von 22 cm Durchmesser gleichmäßig beleuchten und abbilden.

Um das Objekt passend zu begrenzen, legt man über ihm schwarze Blenden in einen vorhandenen Blendenrahmen ein.

Vom Objekte gelangen die Strahlen nach oben zum Objektiv, welches mit einer eigenen Feineinstellung ausgerüstet ist, während die grobe Einstellung durch die in weiten Grenzen mögliche Hebung oder Senkung des Objekttisches erfolgt. Oberhalb des Objektivs ist ein auf der Oberfläche versilberter Reflexionsspiegel angebracht, der entweder fest oder verstellbar geliefert wird. So ist es möglich, das Bild auf eine vertikale Wand zu werfen und gleichzeitig umzukehren, d. h. in seiner richtigen Lage erscheinen zu lassen.

Bei der Projektion durchsichtiger Gegenstände wird der Spiegel I (Fig. 13) durch einen Hebel nach oben geklappt. Nunmehr gelangen die Strahlen, wie aus Fig. 14 hervorgeht,

auf den an der vorderen schrägen Wand angebrachten Spiegel II, von hier nach unten auf Spiegel III, gehen dann aufwärts und erhalten durch eine Kondensorlinse den rich-

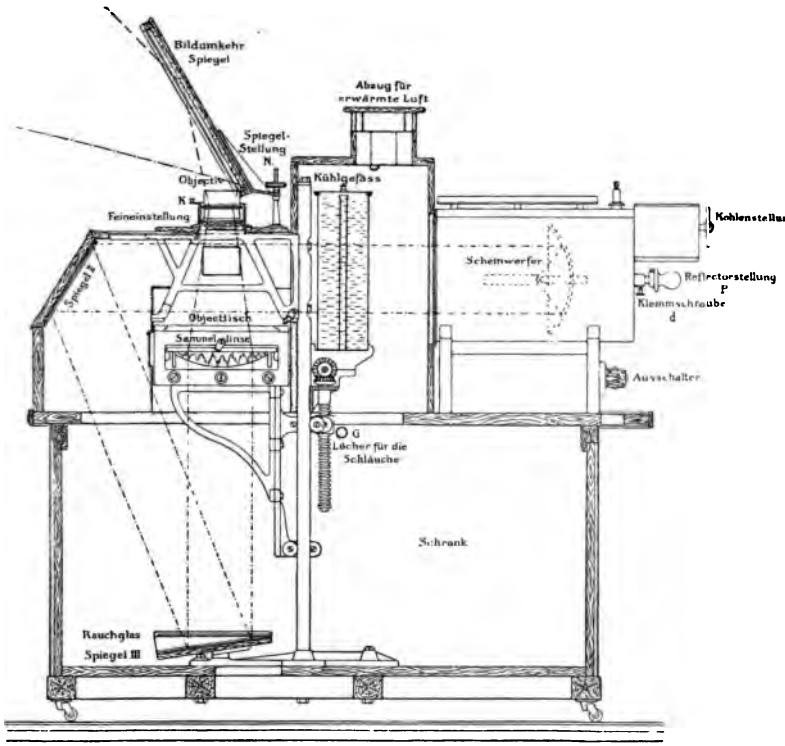


Fig. 14.

tigen Konvergenzgrad. Der weitere Gang der Lichtstrahlen ist der gleiche wie vorhin.

Als Projektionssystem verwendet Zeiß entweder das Planar, Serie Ia Nr. 13, f = 250 mm (430 Mk.), oder das Unar, Serie Ib Nr. 7, f = 255 mm (260 Mk.), ersteres mit einer Lichtstärke 1 : 4, letzteres 1 : 5. Lichtschwächere

Systeme sind unzweckmäßig. Ebenso ist der Apparat nicht ohne weiteres für Linsen anderer Brennweite zu gebrauchen. Soll das aus irgend einem Grunde dennoch geschehen, so muß das bei der Bestellung angegeben und durch Konstruktionsveränderung ermöglicht werden.

Bei dem kleineren Scheinwerfer kann die Vergrößerung zwischen 9- und 25fach, je nach Größe des gleichmäßig zu erleuchtenden Gegenstandes, schwanken. Die hellsten Bilder geben Objekte von etwa 8 cm Durchmesser. Die Beleuchtung wird durch Verstellung des Reflektors am Scheinwerfer reguliert, die Vergrößerung durch Nähern oder Entfernen des ganzen auf Rollen laufenden Instrumentes von dem Projektionsschirm. Bei einer Entfernung von $2^1/_2$ m ist die Vergrößerung eine 9fache, bei $6^1/_2$ m eine 25fache. Die Größe der Projektionsfläche muß mindestens 2 qm betragen. Bei dem stärkeren Scheinwerfer ist eine 14—37fache Vergrößerung möglich bei $3^3/_4$—$9^1/_2$ m Abstand und 3 qm großer Projektionsfläche.

Die Kosten des Instruments belaufen sich mit einem 30 Ampère Scheinwerfer und neigbarem Bildumkehrspiegel ohne Objektiv auf ca. 1190 Mk.

Zur Projektion eignen sich gewöhnliche Drucksachen, Zeichnungen, kleinere Pflanzen, Tiere, Modelle, Präparate von frischen Leichenteilen oder zweckmäßig in Gefäßen mit ebenen Wänden aufgestellte und vieles andere aus allen Gebieten, in denen junge und alte Menschen Unterricht empfangen. Im durchfallenden Lichte sind Diapositive und ähnliche Objekte bis zum Formate von 13 : 18 zulässig. Schon heute ist dieses treffliche Instrument in vielen Hörsälen ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden, und es wird sich noch weiter verbreiten, wo man für den gewonnenen Vorteil erhöhter Anschauungsmöglichkeit den Nachteil des hohen Preises zu vergessen vermag. Wunderbar ist es, wie prachtvoll die Farben natürlicher Objekte dabei zur Gel-

tung kommen. Wer einmal ein so einfaches, und scheinbar so farbloses Objekt wie die menschliche Hand mit dem Epidiaskop projiziert gesehen hat, wird das voll würdigen.

Außer für das makroskopische Projizieren hat Zeiß auch für mikroskopische Projektion, namentlich mit schwächeren Systemen, Hilfsapparate konstruiert, die die Vielseitigkeit des Epidiaskops wesentlich erhöhen. Darüber kann aber erst nach Besprechung der Mikrophotographie Näheres gesagt werden.

Alle weiteren Einzelheiten für den Gebrauch und die Pflege des Instruments ist in der Zeißschen Schrift über das Epidiaskop enthalten, so daß hier von genaueren Details abzusehen ist.

Die Firma Schmidt und Haensch in Berlin S, Prinzessinnenstraße 16, hat ebenfalls mit großem Geschick den Bau epidiaskopischer Projektionsapparate aufgenommen. In Fig. 15 (S. 34) ist ein solcher abgebildet. Auf einem fahrbaren, durch die Schrauben *D* festzustellenden und nivellierbaren Tische steht in einem doppelten Metallgehäuse eine elektrische Bogenlampe mit schrägen Kohlen und selbsttätiger Regulierung für 30 Ampère Stromstärke. Durch nach außen gehende Schrauben ist der Flammenbogen zentrierbar und die Lichtquelle verschieblich. Davor ist der vordere Teil eines dreiteiligen Kondensors so angebracht, daß die austretenden Strahlen parallel sind. Zur Verminderung der Wärme gehen sie zunächst durch ein großes Kühlgefäß, das für fließendes Wasser eingerichtet ist. Nunmehr treffen die parallelen Lichtstrahlen auf einen Glaskörper aus lauter totalreflektierenden schmalen Prismenstreifen mit abgestumpften Spitzen und gelangen nach abwärts auf den Tisch. Dieser Strahlengang und die Anordnung der Prismen wird aus Fig. 16 (S. 35) ohne weiteres klar. Oberhalb des Tisches ist an zwei kräftigen eisernen Trägern das Objektiv *O* und der Spiegel *S* (Fig. 15) angebracht. Schiebt man beide bis zu

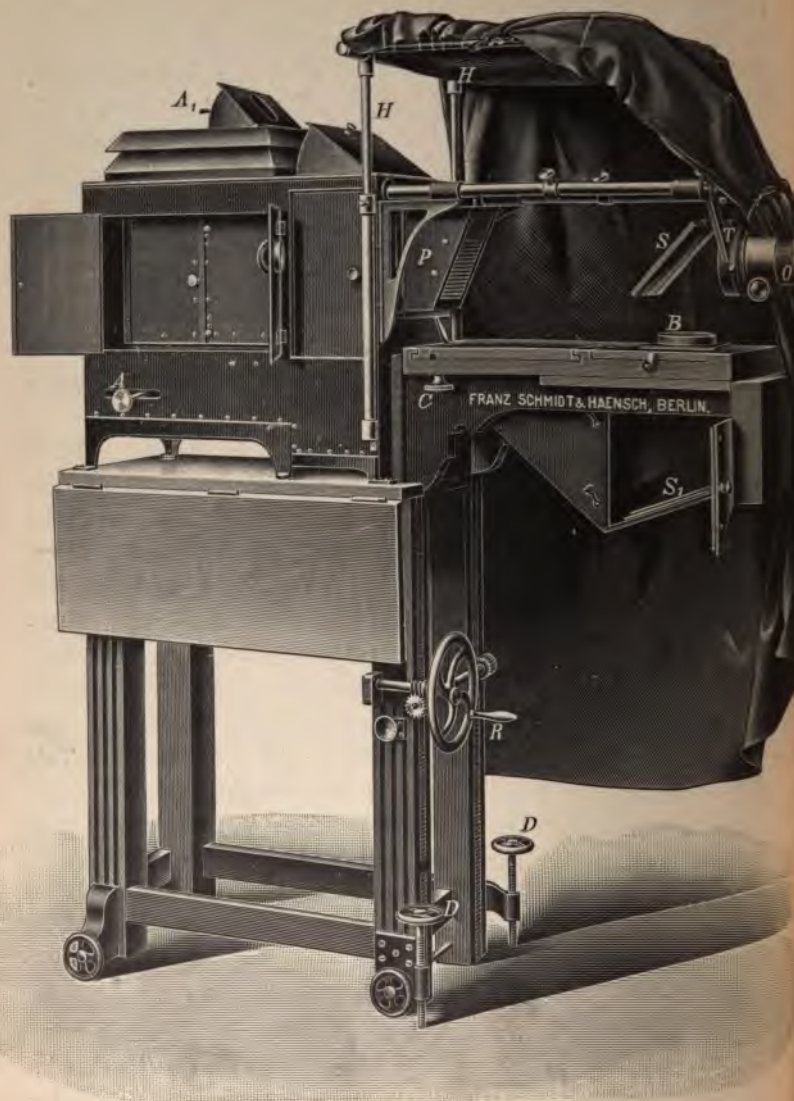


Fig. 15.

den Anschlagklemmen in der Mitte des Trägers, so gelangen die Strahlen in der aus Fig. 16 ersichtlichen Weise auf den Spiegel *S* und das Objektiv *O* und somit auf die Projektionsfläche. Die Gegenstände finden ihren Platz unterhalb des Spiegels *S* auf dem Tische. Ihre Scharfeinstellung geschieht durch Heben und Senken desselben mittels des Triebes bei *R*. Auch der Trieb des Objektivs *O* gestattet weitere Verbesserung der Schärfe.

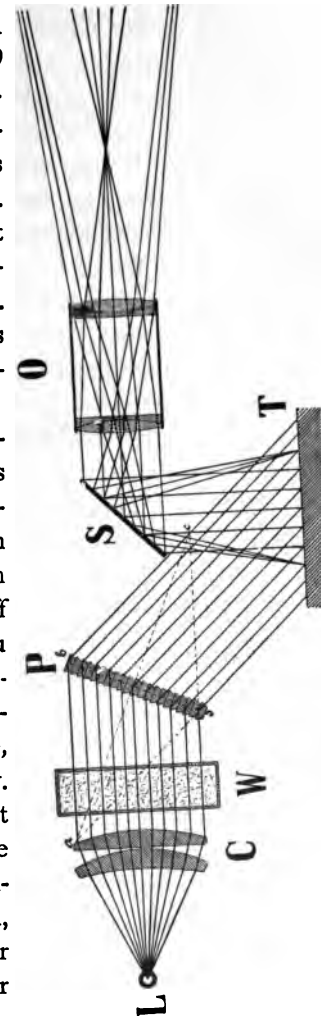


Fig. 16.

Ein sehr wesentlicher Vorteil ist die Drehbarkeit des Prismenkörpers *P* und des Spiegels *S*. Dreht man den ersteren so, daß der in der Fig. 15 nach abwärts gerichtete Handgriff seitlich nach dem Beschauer zu steht, und der Spiegel *S* ebenfalls, dann können auch senkrecht stehende Gegenstände, Präparatengläser mit Fuß u. s. w. direkt projiziert werden, was mit dem Zeißschen Instrumente nicht möglich ist. Den Strahlengang kann man leicht verstehen, wenn man die Konstruktion der Fig. 16 sich nicht wie bisher als vertikale Durchschnittszeichnung, sondern als horizontale vorstellt. *T* ist dann nicht der Tisch, sondern das auf ihm senkrecht stehende Objekt.

Dadurch, daß keine feste Umhüllung, sondern nur lichtdichte Tücher für die Abschließung des Tisches verwendet sind, ist man in der Größe der Objekte nicht so behindert, wie beim Epidiaskop von Zeiß.

Entfernt man nun eine in der Fig. 15 leider nicht bezeichnete, aber deutlich sichtbare Schiebetür in dem Projektionstische nächst dem Prismenkörper *P*, so treten bei dessen Normalstellung die Lichtstrahlen durch die entstehende Öffnung des Tisches hindurch und treffen auf den Spiegel *S*, der in einem lichtdichten Kasten unterhalb angeordnet ist. Von hier werden sie nach oben geworfen und treffen auf eine zweite aus Spiegelglas bestehende Schiebeplatte bei *B*. Gibt man dem Spiegel und dem Objektiv jetzt die in der Fig. 15 gezeichnete Stellung, so kann man die bei *B* befindlichen Objekte in durchfallendem Lichte projizieren. Das können sowohl Diapositive sein, wie auch andere Dinge, z. B. Knochenschliffe, allerhand Gewebsmuster, oder physikalische Versuche. Um nur ein Beispiel zu nennen, kann man einen Magneten auf die Glastafel legen, darüber eine dünne Glasscheibe und durch Aufstreuen von Eisenfeilspänen die magnetischen Kraftlinien darstellen, oder die bekannten Klangfiguren u. s. w. Auch chemische Versuche können so objektiv gezeigt werden.

Schließlich läßt sich der Prismensatz *P* ganz entfernen und durch die andere Hälfte des Kondensors ersetzen, vor der ein gewöhnlicher Diapositivträger befestigt wird, so daß man nach Beseitigung des Spiegels *S* nun ganz direkt wie mit einem beliebigen Skioptikon projizieren kann. Die Verwendung bei Mikroprojektionen kann erst später besprochen werden.

Somit ist in dem beschriebenen Apparat in der Tat ein Universal-Projektions-Apparat geboten, wie er bisher noch nicht vorhanden war. In der Ausrüstung der Fig. 15 kostet das Instrument mit lichtstarkem Aplanaten und dreifachem

Kondensor von 15 cm Brennweite 1800 Mk. Es ist jedoch zu empfehlen, statt des Aplanaten ein Zeißsches Planar, Unar, ein Vogtländersches Heliar oder einen Görzschen Doppelanastigmaten der lichtstarken Serie zu wählen. Natürlich können auch größere Kondensoren und Prismenkörper geliefert werden unter entsprechender Erhöhung des Preises. Verfasser würde Kondensoren für 13 × 18 Format empfehlen, weil man dann kaum in Verlegenheit geraten kann.

Wird nun in einen Vergrößerungsapparat statt eines Glasbildes ein mikroskopisches Präparat in den Bildhalter eingeschoben und wie jenes in der gewöhnlichen Weise mit den gleichen Hilfsmitteln vergrößert aufgenommen, so hat man die einfachste Art, ein Mikrophotogramm herzustellen. In der Tat wird diese Methode auch angewendet zur **Herstellung von Bildern nach großen Übersichtspräparaten.** Schnitte durch größere Organe, wie z. B. durch eine Niere, einen Lungenlappen, durch größere Gehirnteile, durch Embryonen u. s. w. können auf diese Weise abgebildet werden. Häufig genügt es in solchen Fällen, die Vergrößerung nicht auf eine Platte, sondern direkt auf Papier oder Photoleinen herzustellen, wenn es nichts ausmacht, daß ein negatives Bild entsteht. Das schadet aber in gewissen Fällen nichts, und namentlich dann nicht, wenn die so gewonnenen Bilder nachträglich mit Deckfarben koloriert werden sollen, um so Wandtafeln zu erhalten. Die Bromsilberpapierfabriken sind neuerdings wieder zur Herstellung von Negativ-Bromsilberpapier übergegangen. Es ist dies weiter nichts als ein Bromsilberpapier auf einem sehr gleichmäßigen und durchscheinenden Papier. Mit Hilfe dieses Papiers lassen sich leicht genau in der Art des gewöhnlichen Papiers Negative herstellen und nachträglich kopieren. So wird einfach und billig das für manche Fälle doch lästige Negativbild vermieden und durch das für den Laien leichter verständliche Positiv ersetzt. Für

große Bilder, Wandtafeln, namentlich aber für kolorierte Tafeln ist die Struktur des Papiernegatives kaum oder gar nicht störend.

Die Vergrößerungen, die sich mit dem gewöhnlichen Skioptikon erreichen lassen, sind natürlich nicht allzu erhebliche und nur für die genannten Übersichtsbilder geeignet. Werden stärkere Vergrößerungen erforderlich, so müssen besondere Hilfsmittel zur Verwendung gelangen. Schon die Projektionsobjektive setzen der Steigerung der Vergrößerung bald ein Ziel. Denn bei Objektiven der gewöhnlichen Konstruktion und selbst den Anastigmaten darf die Cameralänge ein gewisses Maß nicht überschreiten, weil dann die Korrektion der verschiedenen Linsenfehler nicht mehr für die vergrößerten Bildabstände in der Bildebene erfolgt. Daher ist bei keiner noch so sorgfältigen Einstellung ein scharfes Bild zu erhalten. Um diesem Übelstande abzuhelfen, sind schon vor Jahren von verschiedenen Optikern besondere Projektionssysteme konstruiert, so von Hartnack, Leitz, Zeiß u. a. Alle Konstruktionen werden weit übertroffen durch die Planare von Zeiß. Die scheinbar leichteste Art der Mikrophotographie, die Herstellung schwach vergrößerter Übersichtsbilder größerer Objekte ist in wirklich befriedigender Weise erst durch diese ausgezeichneten Linsen ermöglicht.

Weniger korrekt in der Beseitigung der Farbenabweichung und Bildfeldwölbung sind die von Leitz in Wetzlar konstruierten Objektive von 64, 42 und 24 mm Brennweite. Für manche Zwecke, namentlich bei geringerer Vergrößerung, mäßig großen Präparaten, für die direkte Projektion und zur Nachzeichnung des Projektionsbildes mit dem Stift genügen diese wesentlich billigeren Linsen. Für ganz genaue und schwierige Arbeiten wird aber der Mikrophotograph nicht das Planar entbehren können. Wem es die Geldverhältnisse nicht erlauben, alle 4 Mikroplanare mit 75, 50, 35 und 20 mm Brennweite zu erwerben (der Preis beträgt für das

erste 120 Mk., für die anderen je 100 Mk.) erstrebe wenigstens die Beschaffung des 50 und 35 mm-Planars.

Es sei hier gleich ein für alle mal gesagt, daß der Kauf von minderwertigen Apparaten und Linsen keinen Vorteil bietet, da naturgemäß auch deren Leistungen geringere sind. Die Firma Zeiß liefert in unserem Gebiete die teuersten Apparate, soweit Verfasser unterrichtet ist, aber sie sind auch unerreicht. Der hohe Preis aller solcher Instrumente ist nicht nur abhängig von der exakten Herstellung. Sie sind weder fabrikmäßig herzustellen, noch sind sie Objekte, bei denen der Massenbedarf eine billige Preisstellung ermöglicht. Es kann daher auch nur eine Werkstatt wie die Zeißsche vermöge ihrer eigenartigen Organisation sich dauernd mit der Herstellung solcher Gegenstände befassen und die großen Opfer tragen, welche die unbedingt nötigen zahllosen Versuche erfordern.

Verwendet man die genannten kurzbrennweiten Linsen, so genügt natürlich der Kondensor des gewöhnlichen Vergrößerungsapparates jetzt nicht mehr, weil sein Öffnungswinkel zu klein ist. Um nun aber keines besonderen Apparates zu bedürfen, hilft man sich folgendermaßen: Der gewöhnliche Vergrößerungsapparat wird nach Entfernung des Objektives beibehalten, aber es wird durch seinen Kondensor die Lichtquelle nicht in das Vergrößerungsobjektiv projiziert, sondern in einige Entfernung vor das Präparat. Das so entstehende Flammenbild ist nunmehr die eigentliche Lichtquelle, welche ihrerseits durch einen kleinen **Hilfskondensor** durch das zu vergrößernde Objekt hindurch in die Vergrößerungslinse geworfen wird. Als Hilfskondensor verwendet man einfache bikonvexe Linsen, die je nach der Brennweite des Objektivs eine wechselnde Brennweite haben müssen. Wer im Besitz eines Brillenkastens ist, findet darin alles, was er braucht. Da die kleinen Projektionsobjektive in der Regel eine Brennweite haben, die

zwischen 35 und 75 mm schwankt, so kommt man mit zwei bikonvexen Linsen aus, die eine Brennweite von 3 und 6 cm haben. Allerdings sind diese Art von Kondensoren für starke Vergrößerungen wegen ihrer Linsenfehler sehr unvollkommen, und man tut besser, Kondensoren nach dem Typus der doppelten oder dreifachen oder achromatische Linsen zu benutzen. Als solche können aplanatische Lupen, etwa von Präpariermikroskopen, in Benutzung kommen. Etwas weniger vollkommen, aber für viele Fälle genügend, sind die achromatischen Linsen der Operngläser passender Brennweite. Da man durch den Vergrößerungsapparat die Lichtquelle mehr oder weniger nahe an den Hilfskondensor heranbringen kann, lassen sich kleine Differenzen der Brennweiten ausgleichen.

Um alles Licht, welches von dem Vergrößerungsapparat geliefert wird, durch den Hilfskondensor aufzufangen, verlegt man, falls die übrigen Verhältnisse es gestatten, das Flammenbildchen so weit vor letzteren, daß die divergent weitergehenden Strahlen gerade die volle Öffnung des Hilfskondensors ausfüllen. Die genauere Stellung ermittelt man durch Versuche.

Ehe das jedoch besprochen wird, müssen wir die Hilfsmittel berücksichtigen, welche zur Befestigung des Präparates, des Hilfskondensors, des Objektives u. s. w. dienen. Dazu dient eben ein **Mikroskop.** Das Präparat kommt auf den Objekttisch, das Objektiv an den Tubus in das Tubusgewinde, der Hilfskondensor wird unterhalb des Mikroskoptisches angebracht. Für die eben erwähnten kurzbrennweitigen photographischen Objektive kann auch eine jener Vorrichtungen benutzt werden, wie sie zu den gewöhnlichen Vergrößerungsapparaten passend im Handel sind. Ein solcher Apparat ist in Fig, 17 abgebildet. Das für den Ansatz an den Vergrößerungsapparat bestimmte Rohr enthält einen Wasserkasten, der für die

Benutzung bei elektrischem Lichte bestimmt ist und unterhalb des Objekttisches, auf dem das Präparat durch zwei federnde Klammern festgehalten wird, drei in einer Rotationsblende gefaßte Hilfskondensoren mit verschiedener Brennweite. Die Objektive sitzen ebenfalls an einer Rotationsblende, die im gegebenen Beispiele für drei Objektive eingerichtet ist. Derartige Projektionsmikroskope eignen sich für die schwache Vergrößerung schon aus dem Grunde, weil das Objektiv nicht an einem langen Tubus angebracht ist. welcher Teile des vom Objektiv gelieferten Strahlenkegels abzublenden im stande wäre. Wer eins der erwähnten kurz brennweitigen Objektive dauernd zu mikrophotographischen Aufnahmen benutzen will, tut gut, sich einen ähnlichen Hilfsapparat, wie den beschriebenen, für sein Mikroskopstativ oder auf einem besonderen Stativ einrichten zu lassen. Bringt man die Objektive direkt an den Tubus der gewöhnlichen Arbeitsmikroskope, so geht nahezu die Hälfte des Gesichtsfeldes verloren, weil die Tuben viel zu eng sind.

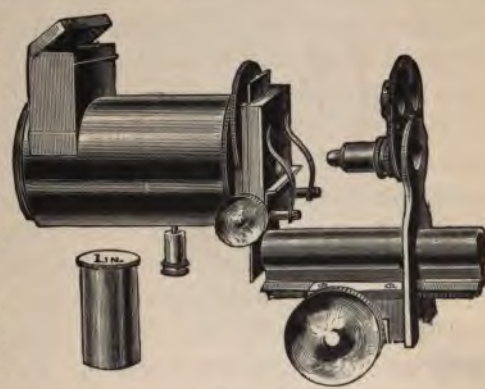


Fig. 17.

Mit diesem einfachen Apparate ist alles besprochen, was zu den prinzipiellen Erfordernissen erfolgreichen mikrophotographischen Arbeitens gehört, und was bei allen noch so komplizierten Instrumentarien immer wiederkehrt. Das ist: die Aufstellung einer Lichtquelle, Sammlung von deren Lichtstrahlen durch ein genügend großes Kondensorsystem

zu einem Lichtquellenbilde, Einschaltung eines Hilfskondensors zur Anpassung des Beleuchtungskegels an den Bildwinkel des Objektivs.

Zur Aufnahme ist natürlich noch eine Kamera erforderlich, die, wenn irgend möglich von den übrigen Teilen der Anordnung getrennt aufgestellt wird, damit keine Erschütterung von der Camera auf das Mikroskop übergreifen kann. Bei den bisher besprochenen Hilfsmitteln kann eine gewöhnliche Reisecamera beliebigen Formates vollauf genügen. Natürlich ist von der Länge ihres Balgauszuges die mögliche Vergrößerung abhängig. Wie die Verbindung der einzelnen Teile anzuordnen ist, wird aus den weiteren Besprechungen ersichtlich.

Für die eigentlichen Mikroskopobjektive bedarf man eines **Mikroskopstatives,** und wenn man schließlich auch mit jedem Stativ mikrophotographische Aufnahmen machen kann, so muß man doch, um einen möglichst universellen Gebrauch zu ermöglichen, eines der größeren Stative wählen, welche zur groben Einstellung **Zahn** und **Trieb**, zur feinen eine sehr exakt arbeitende **Mikrometerschraube** besitzen. Der **Objekttisch** muß hinreichend groß und durchaus senkrecht zur optischen Achse sein. Von großem Vorteile ist eine mechanische Vorrichtung zur Bewegung des Präparates, insbesondere ist bei stärkeren Vergrößerungen ein **beweglicher Objekttisch** unentbehrlich, weil die feinen Verschiebungen des Präparates mit der Hand nicht leicht auszuführen sind und durch den dabei angewendeten Druck auf das ganze Mikroskop leicht die Einstellung unsicher wird. Zudem erleichtert die in der Regel angebrachte Mikrometerteilung dieser Tische das Wiederauffinden bestimmter Stellen des Präparates.

Der **Tubus** des Mikroskopes muß möglichst weit sein, um Reflexe im Innern zu vermeiden. Weit mehr, als man gewöhnlich glaubt, sind störende Reflexe die Ursache

des Mißlingens von Aufnahmen. Die Innenfläche wird zwar mit mattschwarzem Lacke angestrichen, aber mit der Zeit wird dieser Lack hart und glänzend. Bei den modernen größeren Mikroskopen besteht der Tubus aus zwei Teilen, von denen der weitere durch Zahn und Trieb in einer festen Führung mit dem Stativ verbunden ist. In diesen weiteren Teil ist am oberen Ende ein Einsatz eingeschraubt, in dem sich ein engeres Tubusrohr, dessen Weite durch die zur Verwendung kommenden Okulare bedingt ist, auf- und abschieben läßt. Es empfiehlt sich dringend, beide Teile des Tubus mit schwarzem Samt, oder rauhem schwarzen Tuche auszukleiden. Schon allein durch diese Vorsichtsmaßregel werden häufig die Bilder viel klarer.

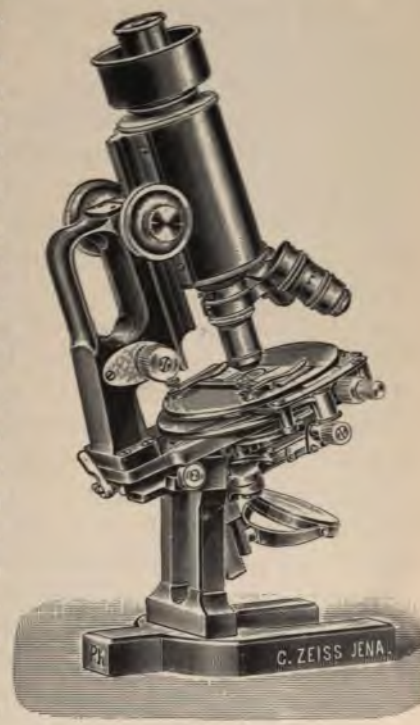


Fig. 18.

Am besten eignet sich für die Zwecke der Mikrophotographie das speziell zu diesem Zwecke von Zeiß konstruierte **mikrophotographische Stativ** (Fig. 18), bei dem der feste Teil des Tubus sehr kurz und ungewöhnlich weit gehalten ist, während das Auszugsrohr natürlich dieselbe Weite hat, wie das anderer Stative. Während der Unterbau des Stativs von den bisher üblichen Instrumenten nicht ab-

weicht, hat der Oberbau einige Neukonstruktionen erfahren. Statt der bisher üblichen und bei allen anderen Instrumenten von Zeiß und denen aller übrigen Firmen Deutschlands und anderer Länder bisher angewendeten prismatischen Führung des Oberbaues ist eine Schlittenführung gewählt. Auf dem Unterbau ist eine feste mit bequemer Handhabe versehene Säule aufgeschraubt. Dank dieser Säule kann nunmehr beim Umhertragen das ganze Instrument an diesem Teile angefaßt werden. Bei allen Prismenführungen ist diese viel geübte Art des Transportes durchaus verwerflich, da Führung und Mikrometerschraube leicht schweren Beschädigungen unterliegen. An dieser Säule ist nach vorne zu die Schlittenführung so angebracht, daß sie dicht hinter der Führungsbahn für die grobe Einstellung mittels Zahnstange und Trieb liegt, fest mit ihr verschraubt. Die genaueren Einzelheiten zeigt am besten die Fig. 19. Am unteren Ende des Schlittens ist eine lange Mutter für die Mikrometerschraube angebracht und darüber eine Wurmfeder, deren Druckrichtung in der Verlängerung der Mikrometerschrauben-Achse liegt. Am unteren Ende trägt die Schraube ein Schneckenrad, dessen Drehung durch eine seitlich herausragende Schraube ohne Ende erfolgt. Mikrometerschraube und Schneckenrad ruhen mit einer Spitze auf einem glasharten Stahlcylinder. Durch ein zweites Zahnrad wird alles in genauer Lage festgehalten. Durch die Lage der ganzen Einrichtung im Innern des Trägers ist sie allen direkten Angriffen von außen entzogen. Zudem ist noch eine besondere Schutzvorrichtung angebracht, welche eine Beschädigung der Mikrometerschraube verhütet, falls der Schlitten an den Grenzen seiner Bewegung angelangt ist. Diese Grenzen sind durch einen Index außen am Schlitten gekennzeichnet. Auf diese sinnreiche Weise ist eine ungemein leichte, wesentlich feinere Bewegung der Mikrometerschraube und ein sicheres Arbeiten in horizontaler Lage

des Mikroskops erreicht. Während die Teilungsintervalle der älteren Einrichtung einen Wert von 0,005 mm haben, entspricht bei der neuen ein Intervall einer Tubusverschiebung von nur 0,002 mm.

Der eigentliche Tubus ist aus Aluminium hergestellt, bedeutend weiter als alle bisherigen und sehr kurz gehalten. So wird es möglich, die Planare so einzuführen, daß sie von ihrem Gesichtsfeld nichts verlieren. Das ist bei allen anderen Tuben in so hohem Maße der Fall, daß ihre Verwendung häufig ganz illusorisch wird.

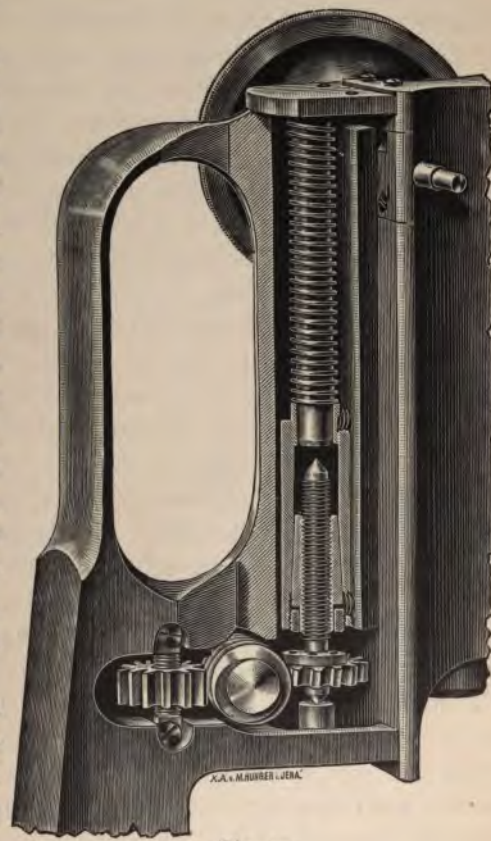


Fig. 19.

Das Stativ ist mit einem beweglichen Objekttisch versehen mit 33 mm großer Öffnung, 100 mm im Durchmesser betragender Platte. Die Bewegung erfolgt mit zwei konachsial gelegenen Triebköpfen. Die Verschiebungen sind durch zwei Nonien ablesbar. Der ganze Tisch ist um die optische Achse des Instrumentes drehbar und läßt

sich in jeder Stellung durch eine Klemmvorrichtung festhalten.

Ferner ist die Anbringung eines festen oder herausklappbaren Kondensors nach Abbe möglich, nach dessen Entfernung die Einschaltung anderweitiger Hilfskondensoren.

Selbstredend ist dieses Stativ nicht nur für photographische Zwecke, sondern auch für alle visuellen Zwecke des täglichen Gebrauches verwendbar. Wer daher ein neues Stativ anschaffen will und jemals in die Lage kommen kann, mikrophotographisch arbeiten zu wollen oder zu müssen, kaufe dieses Stativ. Dann wird er nie in Verlegenheit geraten.

Unbedingt nötig ist dieses Stativ nur bei Verwendung der Planare, andernfalls, namentlich beim Photographieren mit Okularen, kann man auch mit jedem anderen Stativ einer unserer ersten Firmen: Zeiß, Leitz, Reichert, Seibert u. s. w. auskommen. Andererseits dürfte aber wohl kaum ein Mikrophotograph die Planare entbehren können.

Von größter Wichtigkeit für das gute Gelingen eines Photogrammes bei stärkeren Vergrößerungen sind die **Objektive** und die dazu nötigen **Beleuchtungsapparate.**

Das Prinzip der Beleuchtung bleibt immer dasselbe, wie es schon besprochen wurde. Die Strahlen der Lichtquelle werden in der Regel nicht direkt benutzt, sondern erst, nachdem ein größeres Sammellinsensystem zu einem Flammenbildchen vor dem Hilfskondensor vereinigt worden sind. Durch diese Anordnung gewinnt man nicht nur möglichst viel Lichtstrahlen, sondern vermeidet auch die Erwärmung des Mikroskops durch die Lichtquelle. Bei der Erwärmung des Mikroskops tritt aber eine allmähliche Ausdehnung der Metallteile ein, wodurch für starke Vergrößerungen so bedeutende Einstellungsveränderungen erfolgen, daß man kaum ein scharfes Bild zu erzielen vermag. Das durch den größeren Kondensor erzielte Flammenbildchen wird bei schwachen Vergrößerungen von dem Hilfs-

kondensor durch das Objekt hindurch in die abbildende Linse projiziert und durch diese Linse selbst von dem Objekt ein vergrößertes, umgekehrtes, reelles Bild entworfen, welches entweder direkt oder indirekt auf die empfindliche Platte gelangt.

Die eigentlichen mikroskopischen Objektive sind nun in manchen Punkten anders konstruiert, als die bisher besprochenen photographischen Linsen. Auf die genaue Theorie dieser Linsen und der mikroskopischen Abbildungen kann hier nicht eingegangen werden, so wünschenswert es auch wäre. Diese Erörterungen sind ohne mathematische Betrachtungen nicht möglich. Es sei daher nur ganz allgemein auf die wesentlichsten Hauptpunkte aufmerksam gemacht. Eine gute Abhandlung der theoretischen Grundlagen ist gegeben in Dippel: Das Mikroskop und seine Anwendung, Band I, deren Studium nicht nur jedem Mikroskopiker, sondern auch insbesondere jedem Mikrophotographen nicht dringend genug zu empfehlen ist.

Bei den mikroskopischen Objektiven war es bis vor kurzem nicht möglich, eine vollständige Vereinigung der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen zu erreichen. Erst neuerdings ist man diesem Ziele durch die Abbe-Zeißschen **Apochromate** erheblich näher gekommen. Da aber die wenigsten Mikroskopiker Apochromate besitzen, so müssen auch die Verhältnisse bei den gewöhnlichen **Achromaten** besprochen werden. Es ist in vielen Fällen möglich bei geschickter Anwendung dieser Systeme nicht nur gute, sondern in mancher Hinsicht bessere Photogramme herzustellen, als mit Hilfe der Apochromate.

Die Achromate sind Kombinationen von mehreren Linsen, die je nach der gewünschten Vergrößerung, denselben Bildabstand vorausgesetzt, eine immer kürzere Brennweite erhalten. Der Bildabstand, für den die Objektive berechnet sind, wird von dem Optiker unter der Bezeichnung

„Tubuslänge“ angegeben. Diese mechanische Tubuslänge wird gerechnet von der Ansatzfläche des Objektivs am unteren Ende des Tubus bis zum oberen Rande, wo das Okular aufliegt. Für die bei uns auf dem Kontinent üblichen Mikroskopstative beträgt diese Tubuslänge 160 mm. Das heißt mit anderen Worten, das durch ein am Tubus angeschraubtes System von einem Objekt erzeugte Bild liegt 160 mm über der Ansatzstelle. Die genaue Einhaltung wird ermöglicht durch eine an dem beweglichen Tubusteil angebrachte Millimeterskala oder Strichmarke.

Bei der Betrachtung mittels Okulars wird diese Bildweite noch modifiziert durch die Kollimatorlinse des Okulars. Das reelle Bild liegt dann an der Stelle der Blende innerhalb des Okulars. Wollte man also absolut streng verfahren, so müßte auch die photographische Platte an dieser Stelle sich befinden, oder wenn ohne Okular gearbeitet wird, am oberen Rande des auf 160 mm ausgezogenen Tubus. Dadurch würde man aber nur sehr kleine Bilder von wenigen Millimetern Ausdehnung erhalten.

Bei der Okularbetrachtung wird das Bild in der Ebene der Blende durch die Augenlinse des Okulars wie mit einer Lupe betrachtet. Soll nun das Bild als reelles projiziert werden auf eine weiter abstehende Fläche, so kann dies geschehen ebenfalls mit Hilfe der Augenlinse des Okulars. Sie wirkt als Lupe, wenn das Bild, oder, was dasselbe sagt, die Blendenebene, von der Linse gerechnet, innerhalb ihrer vorderen Brennweite liegt. Soll sie als Projektionssystem dienen, so muß sie von der Blende weiter entfernt sein, damit diese nicht mehr innerhalb der Brennweite, sondern jenseits liegt. Eine derartige Verschiebung ist nun bei gewöhnlichen Okularen nicht möglich, wohl aber mit Leichtigkeit auszuführen bei den sogenannten Mikrometerokularen (Fig. 20), dei denen die Augenlinse, behufs Anpassung an die Sehweite des Beobachters, verstellbar ist. Es läßt sich

übrigens auch ein Bild projizieren ohne diese Verschiebung der Okularlinse. Es dient dann Objektiv und ganzes Okular als ein System. Das wird ermöglicht dadurch, daß man den Abstand des Objektivs vom Präparat vergrößert. Die auf diese Art erzeugten Mikrophotogramme fallen in der Regel viel weniger gut aus, als die auf die vorher angedeutete Weise erzeugten, weil die bei der Berechnung der Korrektion der Linsenfehler angenommene Beziehung zwischen Bildweite und Objektabstand, sowie die Beziehungen zwischen Objektiv und Okular nicht mehr die gleichen sind. Da aber die Okularlinse nur eine einfache plankonvexe ist, so sind die von ihr erzeugten Bilder nicht sehr vollkommen. Übrigens kann man auch das Bild des Achromatobjektivs allein auf die Platte projizieren und auf diese Weise unter Umständen gute Resultate erreichen. Dazu sind aber besondere Vorkehrungen nötig.

Fig. 20.

Die Bilder, welche die Objektive allein liefern, sind weder völlig farbenrein, noch auch korrekt sphärisch und astigmatisch korrigiert und haben eine ziemliche Wölbung des Bildfeldes. Bei den Achromaten sind nur die helleren, optisch wirksamen Farben, die gelben und grünen, zu einem Bilde vereinigt, während beispielshalber die roten und blauen Strahlen des weißen Lichtes sich an anderen Stellen vereinigen. Dadurch entstehen verschiedenfarbige Bilder übereinander. Diese Bilder liegen in der Achse und ihrer nächsten Nachbarschaft in einer Ebene zusammen, sind aber nicht gleich groß, sondern das blaue Bild ist das größte, das rote das kleinste. Man bezeichnet das als „chromatische Differenz der Vergrößerung“.

Für die außerhalb der Achse liegenden seitlichen Bildteile sind diese Bilder aber auch nicht einmal mehr in eine Ebene zu bringen; die einzelnen Bilder liegen hintereinander. Dazu kommt nun noch die sphärische und die astigmatische Abweichung, welche durch die zur Achse geneigten Strahlen erzeugt wird. Das vom Objektiv allein erzeugte Bild ist also folgendermaßen beschaffen, wenn wir als Repräsentanten der verschiedenen Farben nach Ausblendung der übrigen nur Rot, Grün und Blau betrachten: Eine relativ kleine, zentrale Partie besteht aus drei in einer Ebene liegenden Bildern, einem sehr hellen, durch die Vereinigung der gelben und grünen Strahlen erzeugten, einem kleineren roten und einem größeren blauen Bilde. Nach dem Rande zu sind diese Bilder in immer stärkerem Maße seitlich und hintereinander verschoben. Das Auge übersieht die zentralen Nebenbilder bis auf einen kleinen bläulichen Schein an der Peripherie des Bildes, aber nicht die photographische Platte, welche ja für die blauen Strahlen empfindlicher ist, als das Auge. Wären alle Farben gleich wirksam, so bekäme man von einem kleinen Kreise im Objekt auf der Platte, in der Nähe der optischen Achse des Vergrößerungssystems, unter den angenommenen Verhältnissen drei verschiedene konzentrische Kreise von gleicher Schärfe. Seitlich von der Achse gelegene kleine Kreise würden im Bilde nicht nur verschiedene Größen, sondern auch verschiedene Schärfen und infolge der astigmatischen Fehler auch verschiedene Gestalt haben. Ein Teil dieser Bildfehler läßt sich noch durch entsprechende Anordnung der Kollimatorlinsen des Okulars verbessern, insbesondere die chromatische Differenz der Vergrößerung für die Okularbetrachtung auf ein Minimum reduzieren. Die Blende des Okulars hat den Zweck, die allzu seitlich gelegenen, unvollkommen korrigierten Teile des Bildes abzuhalten.

Noch bei weitem empfindlicher gegen Abweichungen von den berechneten Verhältnissen als die Achromate sind die **Apochromate.** Bei ihnen ist der Rest der Farbendifferenz in der Achse zum weitaus größten Teile behoben und die Vereinigung der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen über das ganze sichtbare Spektrum erfolgt. Auch die Randpartien des Bildes sind vollkommener korrigiert als bei den Achromaten, aber diese vollkommenere Korrektion bedingt, namentlich bei den schwächeren Nummern (16 mm), einen anderen, äußerst störenden Übelstand, eine sehr starke Wölbung des Gesichtsfeldes. Für die Okularbetrachtung schadet das wenig, weil durch die Benutzung der Mikrometerschraube die einzelnen Bildabschnitte nacheinander eingestellt werden können und das Auge sich in gewissen Grenzen akkomodiert. Für die Mikrophotographie ist diese stärkere Gesichtsfeldwölbung aber sehr störend, weil sich hier immer nur eine ganz bestimmte Ebene abbilden läßt.

Die vollkommenere Korrektion der Apochromate wird aber nicht durch die Konstruktion des Objektivs allein bedingt, sondern zu einem ganz erheblichen Teile noch durch die Okularlinsen. Die Apochromate sind, wenn sie ihre höhere Leistungsfähigkeit beweisen sollen, mit den für sie berechneten **Kompensationsokularen** zu verwenden. Während man die Achromate in der Photographie unter den später zu erörternden Maßregeln für sich verwenden kann, erfordern die Apochromate sämtlich unbedingt die Benutzung eines Okulars. Aber selbst die Kompensationsokulare sind für die Projektion des Bildes nicht besonders geeignet, weil sie berechnet sind für die Tubuslänge von 160 mm, während bei der Photographie das Bild in weit erheblicherer Entfernung entworfen wird. Wollte man hier so verfahren, wie bei den vorhin besprochenen Okularen, und die Frontlinse weiter herausziehen, so würden die Fehlerkorrektionen meist weit erheblicher geschädigt

werden als bei den Achromaten, und die Bilder unbrauchbar. Deshalb hat Abbe für die Benutzung der Apochromate zur Mikrophotographie besondere Okulare konstruiert, die sog. **Projektionsokulare** (Fig. 21). Das Projektionsokular besteht aus der Kollimatorlinse eines Kompensationsokulars, einer Blende im Innern und einer Linsenkombination, welche nach Art der gewöhnlichen photographischen Objektive konstruiert ist. Mit Hilfe dieser Linse wird das in der richtigen Entfernung vom Objektiv, also in der Ebene der Okularblende, liegende Bild auf die empfindliche Schicht projiziert. Zur Anpassung an die verschiedenen Cameralängen ist die Projektionslinse so gefaßt, daß sie durch Drehen heraus- oder hineinbewegt werden kann. Erst stellt man so die Blende scharf ein, dann das Bild.

Fig. 21.

Außer der Empfindlichkeit der Apochromate für Abweichungen von der richtigen Tubuslänge kommt noch hinzu die für die **Deckglasdicke.** Für die gewöhnlichen Objektive muß man eine mittlere Dicke der Deckgläser von ca. 0,15 mm wählen. Zeiß gibt für seine Linsen die jeweils beste Deckglasdicke auf der Fassung eingraviert an. Die stärkeren Apochromat-Trockensysteme von 3 und 4 mm äquivalenter Brennweite werden nur mit einer **Korrektionsfassung** geliefert. Wenn diese Objektive nicht sehr sorgfältig auf die Deckglasdicke korrigiert werden, so geben sie recht mangelhafte Resultate. Leider ist aber gar vielen Mikroskopikern der Sinn und die Benutzung eines Korrektionsobjektivs ein Rätsel. Ein solches Objektiv ist in Fig. 22 abgebildet. Der mittlere Teil der Fassung ist drehbar um die optische Achse und gestattet, die Entfernung der beiden oberen Linsen von den unteren zu ändern. Durch eine Teilung und Strichmarke ist die für jede Stellung des

Ringes erforderliche Deckglasdicke unmittelbar abzulesen. Da nun bei den meisten fertigen Präparaten die Deckglasdicke unbekannt ist, so ermittelt man sie bei jedem Präparate rein empirisch durch Versuche. Das gelingt bei einiger Übung sehr leicht und schnell. Zu den ersten Versuchen wählt man recht zarte Präparate, z. B. Geißelpräparate von Bakterien, oder eine feine Diatomeenschale. Späterhin sucht man in dem Präparat möglichst zarte, scharfbegrenzte Details heraus. Man dreht zunächst den Ring bis zu dem einen Anschlage und bewegt ihn dann rückwärts unter fortwährender scharfer Einstellung mit Hilfe der Mikrometerschraube. Weicht die Stellung des Korrektionsringes erheblich von der richtigen ab, so ist es ganz unmöglich, ein scharfes und farbenreines Bild einzustellen. Die Geißeln oder Diatomeenzeichnungen sind verschwommen und farbig. Durch allmähliches Drehen ermittelt man diejenige Stellung des Ringes, bei der die reinste und schärfste Zeichnung auftritt. Das erfordert bei einiger Übung kaum eine Minute Zeit und geschieht bei wiederholten Versuchen so genau, daß die verschiedenen Einstellungen kaum um 1—2 Zehntel eines Teilungsintervalls voneinander abweichen. Die gefundene Deckglasdicke notiert man sich alsdann am besten mit Hilfe eines Schreibdiamanten auf dem Objektträger. Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß als Deckglas auch das Einschlußmittel, z. B. der Kanadabalsam, wirkt, welcher zwischen der Oberfläche des Präparates und dem Deckglase liegt. Man hüte sich daher, die Einschlußmittel zu reichlich anzuwenden. Es kommt bei wenig Geübten nicht selten vor, daß bei Benutzung von dickem Kanadabalsam die Schicht so dick ist, daß sich das Präparat mit einem starken System

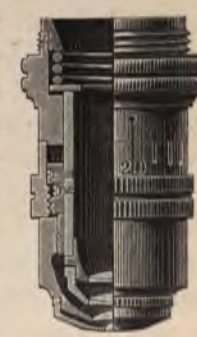


Fig. 22.

überhaupt nicht einstellen läßt. Durchaus verwerflich ist fernerhin die schräge Lage des Deckglases. Sie führt zur Unschärfe und bei stärkeren Vergrößerungen, wie sich Verfasser durch Versuche überzeugt hat, unter Umständen zur Verdoppelung aller Konturen.

Überhaupt ist auf die **Herstellung von Präparaten** für die photographische Abbildung große Sorgfalt zu verwenden. Man kann ruhig behaupten, daß die Hälfte des Erfolges bei der Mikrophotographie auf Rechnung der guten Beschaffenheit des Präparates zu setzen ist. In den Augen vieler Nichtmikrophotographen ist die Mikrophotographie deshalb unvollkommen, weil sie es nicht ermöglicht, nach ihren schlechten Präparaten gute Photographien herzustellen. Man berücksichtige immer, daß das Präparat bei der photographischen Abbildung weder verschoben, noch durch die Mikrometerschraube verschieden eingestellt werden kann. Daher sind solche Stellen auszusuchen, welche die charakteristischen Punkte möglichst in einer Ebene nebeneinander zeigen. Die **Schnitte** müssen um so dünner sein, je stärkere Vergrößerungen in Anwendung kommen sollen, weil die Fokustiefe der Systeme bei steigender Eigenvergrößerung stark abnimmt. Die über oder unter der eingestellten Ebene liegenden Dinge tragen durch ihre Unschärfe zur Undeutlichkeit und Unübersichtlichkeit des Bildes bei. Die äußerste zulässige Dicke eines Schnittes variiert je nach der Vergrößerung zwischen 10 μ für schwache, 5 μ für starke Vergrößerungen, und für Immersionen sollten die Schnitte noch dünner sein. Desgleichen müssen die Schnitte natürlich um so dünner sein, je mehr Einzelheiten in den Zellen oder Kernen zur Darstellung kommen sollen. Unscharfe Teile ober- und unterhalb der eingestellten Ebene können leicht Details vortäuschen. Bei der Darstellung so zahlreicher Einzelheiten, wie sie in vielen Zellen nach der Altmannschen Färbung auftreten,

dürfen die Schnitte häufig die Dicke von 1 μ kaum übersteigen.

Selbstverständlich müssen die Schnitte durchaus glatt liegen, weil Falten und Unebenheiten Unschärfe im Bilde erzeugen. Aus diesem Grunde sind Celloïdinschnitte für die mikrophotographische Darstellung wenig geeignet. Am besten ist es, die Präparate in Paraffin einzubetten, die möglichst dünnen Schnitte auf warmem Wasser zu strecken und nach der sog. japanischen Methode auf koaguliertem Eiweiß mit Wasser aufzukleben.

Von erheblicher Bedeutung ist auch die Färbung der Schnitte. Sie soll recht scharf sein und im ganzen etwas kräftiger, als sie für die Okularbetrachtung erforderlich ist. Blaßgefärbte Präparate geben blasse, kontrastlose Bilder. Gute Färbungen sind Hämatoxylin-Eosin, die van Giesonsche Färbung mit Hämatoxylin- und Säure-Fuchsin-Pikrinsäure u. a. m. Karminfärbung ist nicht besonders günstig, und man sehe hier darauf, daß die Färbung möglichst intensiv wird. Manche Farbengemische, wie z. B. Biondi-Haydenhain u. s. w. geben ebenso blasse Bilder wie Präparate. Weit besser ist die mit Ehrlichschem Triacid. Bei **Bakterienpräparaten** wählt man Stellen, bei denen der Grund möglichst sauber und die Färbung der Organismen selber recht kräftig ist. Die besten Färbungen geben hier die mit roten und violetten Farbstoffen, während blaue, namentlich in geringer Konzentration, keine besonders guten Resultate zeitigen. Wie schon erwähnt, achte man darauf, daß möglichst wenig Einschlußmittel und nicht zu dicke und zu dünne Deckgläser benutzt werden. Bei Korrektionsobjektiven ist die Korrektur auf Deckglasdicke unbedingt erforderlich. Auch vermeide man zu dicke Objektträger.

Die **Beleuchtung der mikroskopischen Präparate durch den Hilfskondensor** weicht in einem Punkte ziem-

lich erheblich von der bisher besprochenen Beleuchtungsart ab. Bei der gewöhnlichen Vergrößerung wurde schon auf den Zusammenhang des Öffnungswinkels von Objektiv und Kondensor hingewiesen. Die besten Resultate wurden erreicht, wenn diese beiden Winkel gleich waren, und das war der Fall, wenn der Beleuchtungskegel die volle Öffnung der hinteren Linse ausfüllte. Anders liegen aber die Verhältnisse bei den mikroskopischen Objektiven. Diese geben, wie die Erfahrung lehrt, die besten Resultate, wenn nur etwa $^1/_3$ ihrer Apertur ausgenutzt wird. Unter **numerischer Apertur** versteht man nach Abbe das Produkt aus dem halben Öffnungswinkel des Objektivs und dem Brechungsexponenten des zwischen Frontlinse des Objektivs und dem Deckglase befindlichen Mediums, als Formel geschrieben: num. Ap. $a = n \sin \frac{u}{2}$. Von der Apertur sind eine Reihe von Eigenschaften der Objektive abhängig. So wird das Auflösungsvermögen, d. h. die Erkennung feiner Details nebeneinander direkt, das Tiefenunterscheidungsvermögen, die Erkennung der Details hintereinander, umgekehrt, die Helligkeit der Bilder bei gleicher Vergrößerung dem Quadrate der Apertur proportional. Man könnte vielleicht glauben, daß die Definition durch die stärkere Vergrößerung, welche die Objektive mit höherer Apertur geben, bedingt sei. Dem ist aber nicht so. Die Vergrößerung läßt sich, wie weiter unten besprochen wird, bei der Photographie dadurch steigern, daß man einen längeren Cameraauszug benutzt. Dadurch treten aber keine neuen Details in die Erscheinung, sondern die vorhandenen werden nur entsprechend weiter auseinandergezogen. Man kann also z. B. bei Diatomeenpräparaten die Auflösung der feinen Strukturen nicht dadurch erreichen, daß man längere Cameraauszüge benutzt, sondern nur durch stärkere Objektive mit größerer Apertur.

Bei der Okularbetrachtung kann man bei einem und demselben Objektiv je nach Bedürfnis einen etwas größeren oder kleineren Beleuchtungskegel anwenden, bei der Photographie aber muß man stets den kleinsten zulässigen Beleuchtungskegel für jedes Objektiv ausfindig machen, um ein möglichst gut definiertes Bild zu erhalten. Sind bei diesem Beleuchtungskegel die gewünschten Einzelheiten nicht zu sehen, so nimmt man ein stärkeres Objektiv, dem dann auch eine höhere Apertur und dieser ein größerer Beleuchtungswinkel entspricht.

Ebenso wie das Definitionsvermögen wird die Helligkeit des Bildes durch die Verkleinerung der Apertur der Beleuchtungskegel vermindert. Dadurch wird natürlich die Expositionszeit gesteigert, und mancher Anfänger kommt in die Versuchung, die Apertur unnütz groß zu wählen, um ein möglichst helles Bild zu erhalten. Aber mit der Helligkeit des Bildes nimmt seine Schärfe in diesen Fällen erheblich ab. Durch die Verkleinerung der Apertur der Beleuchtungskegel wird die Tiefenwirkung gesteigert und damit auch gleichzeitig die Wölbung des Gesichtsfeldes vermindert; das ist das einzige Mittel zur Beseitigung dieses Linsenfehlers in der Mikrophotographie. Eine zu starke Verkleinerung der Apertur führt andererseits zu **Beugungserscheinungen,** welche sich auf dem Photogramm als mehrfache Konturen feiner Linien äußern. Diese Beugungserscheinungen sind ebenso zu vermeiden, wie die nachteiligen Wirkungen der großen Aperturen. Es kommt in der Mikrophotographie nicht auf ein möglichst helles, sondern auf ein möglichst scharfes und gut detailliertes Bild an. Wie man die Apertur reguliert, wird weiter unten besprochen.

Da die stärkeren Objektive alle eine ziemlich kurze Brennweite von wenigen Millimetern haben, so muß man auch einen entsprechend kurzbrennweitigen Hilfskondensor wählen, der außerdem noch die Möglichkeit gibt, die Be-

leuchtungskegel innerhalb der gewünschten Grenzen zu regeln. Bei der Okularbetrachtung dient dazu der Abbesche Beleuchtungsapparat, der eine Apertur bis zu 1,40 anzuwenden gestattet. Die Einengung der Beleuchtungskegel geschieht durch die unterhalb des Kondensors angebrachte Irisblende. Die Aperturen, welche 1,0 überschreiten, können nun mit dem Abbeschen Beleuchtungsapparat nicht erreicht werden, wenn sich zwischen Kondensor und Präparat Luft befindet. Zur Ausnutzung der vollen Öffnung — die aber nur bei den homogenen Immersionen möglich und wünschenswert ist, — muß die Frontlinse des Kondensors mit der unteren Seite des Objektträgers durch einen Tropfen Öl, z. B. Immersionsöl oder Wasser, verbunden werden. Für die Photographie kommen Aperturen von 1,40 nur in ganz seltenen Fällen zur Verwendung, eigentlich nur bei ganz schwierigen Diatomeen. Alle übrigen Präparate aus dem Gebiete der Histologie, Bakteriologie u. s. w. erfordern kaum jemals eine höhere Apertur als 1,0. Der Abbesche Kondensor in seiner gewöhnlichen Form hat eine sehr kurze Brennweite und ist infolgedessen für die Zwecke der Photographie nur bei den stärksten Trockensystemen und den Ölimmersionen zu gebrauchen. Außerdem liefert er ein Flammenbildchen, welches nach keiner Richtung hin, also weder chromatisch, noch sphärisch oder sonstwie korrigiert ist. Er liefert daher nicht ein Bild, sondern eine Anzahl verschiedener hintereinander gelagerter. Das führt dazu, daß das Bild im Mikroskop bei gewissen Einstellungen gleichsam vom Lichte überflutet erscheint und feinere Strukturen verschwinden. Man benutzt daher bei der Okularbetrachtung möglichst kleine Aperturen des Kondensors, wenn es sich um Erkennung feiner Strukturen handelt. Sollen diese verschwinden und nur sehr stark gefärbte Einzelheiten besonders deutlich hervortreten, so nimmt man eine höhere Apertur.

Aus diesem Grunde beobachtet man beispielshalber Bakterien, Granula u. dergl. bei möglichst weit geöffnetem Kondensor, ungefärbte Präparate mit engen Blenden oder ohne Kondensor.

Um ein besseres Bild der Lichtquelle und damit eine klarere Abbildung des Objekts zu erreichen, hat Zeiß den in Fig. 23 abgebildeten **achromatischen Kondensor** konstruiert, welcher ein nahezu farbenreines und ebenes Bild liefert. Ursprünglich wurde dieser Kondensor für die Be-

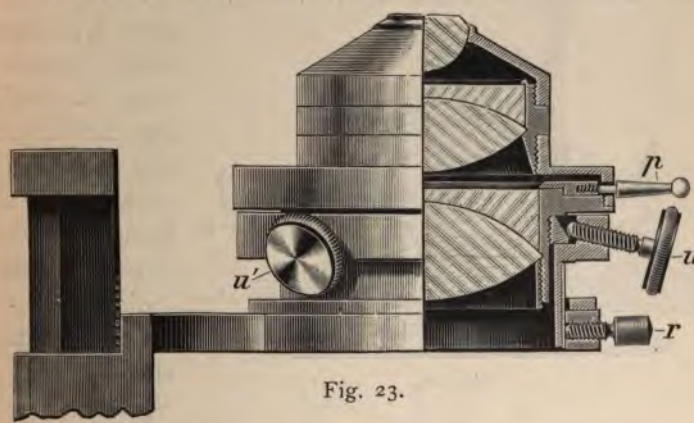


Fig. 23.

nutzung der Sonne als Lichtquelle eingeführt, aber er läßt sich auch mit größtem Vorteile für alle anderen Lichtquellen verwenden. Seine größte Apertur beträgt 1,00. Die Regulierung der Beleuchtungskegel geschieht durch eine Irisblende *p* zwischen den Linsen. Dieser Apparat wird in denselben Ring des Beleuchtungsapparates eingesetzt, welcher den gewöhnlichen Abbeschen Kondensor trägt, und zwar nicht, wie dieser, von unten, sondern von oben her. Durch zwei unter 120° zu einander stehende Schrauben *u* und *u'* läßt er sich mit Leichtigkeit zentrieren. Die Brennweite ist eine etwas größere, als beim Abbeschen Kondensor, und da-

durch, daß man dem Flammenbildchen, welches durch den großen Kondensor entworfen wird, eine nähere oder weitere Entfernung von diesem Hilfskondensor gibt, läßt sich die Spitze des Beleuchtungskegels so weit nach vorn legen, daß er auch noch für die mittleren Apochromate und Achromate brauchbar bleibt.

Unbedingt nötig ist dieser Kondensor nur für die stärkeren Trockensysteme und die homogene Immersion. Für die schwächeren und mittleren Trockensysteme kann man sehr bequem gewöhnliche mikroskopische Objektive als Kondensoren verwenden. Man wählt für die Objektive dasjenige schwächere als Kondensor, welches ungefähr die entsprechende Apertur, also eine um ca. $^2/_3$ kleinere als das abbildende, besitzt. Um diese Objektive als Kondensoren verwenden zu können, werden sie in einer ähnlichen Zentriervorrichtung in den Halter am Abbeschen Beleuchtungsapparat eingeschoben, wie sie auch der achromatische Kondensor hat (Fig. 24). Die Einschraubhülse ist verschiebbar. Die Verwendung von schwachen Mikroskopobjektiven als Kondensoren ist von größtem Vorteile bei allen Objektiven bis zu 0,7 Apertur, und Verfasser gebraucht sie stets, z. B. für die Zeißschen Objektive *AA* und $B:a_3$, für *C* und *D*: *A* und *B*. Auch für Apochromate sind die genannten Objektive vorzügliche Hilfskondensoren.

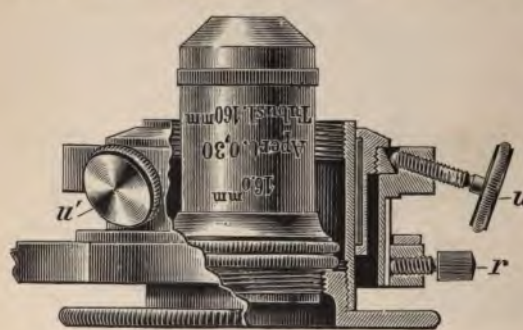


Fig. 24.

Schließlich bleibt nun noch die eigentliche **photographische Camera** zu besprechen. Hierbei ist eine unerläßliche Forderung, daß Mikroskop und Camera zwar lichtdicht miteinander verbunden sind, aber so, daß sich keine Erschütterung von der Camera zum Mikroskop fortsetzen kann. Es darf also keine starre Verbindung bestehen. Sobald dies der Fall ist, wird beim Herausnehmen der Visierscheibe, dem Einsetzen der Kasette, durch die unvermeidlichen Erschütterungen die Einstellung des Präparates verändert und schon bei mittleren Vergrößerungen es unmöglich gemacht, ein scharfes Bild zu erhalten. Aus diesem Grunde vermeide man alle Cameras direkt auf dem Mikroskoptubus. Sie haben außerdem den Nachteil, durch ihr Gewicht den Tubus stark zu beschweren, wodurch ebenfalls die Einstellung nachträglich leicht sich verändert. Am besten ist die Verbindung, welche Zeiß vorgeschlagen hat (Fig. 25). Von den beiden ineinander greifenden Hülsen kommt die eine auf das obere Ende des Tubus, die andere an das Stirnteil der Camera. Ineinander geschoben lassen sie kein Licht

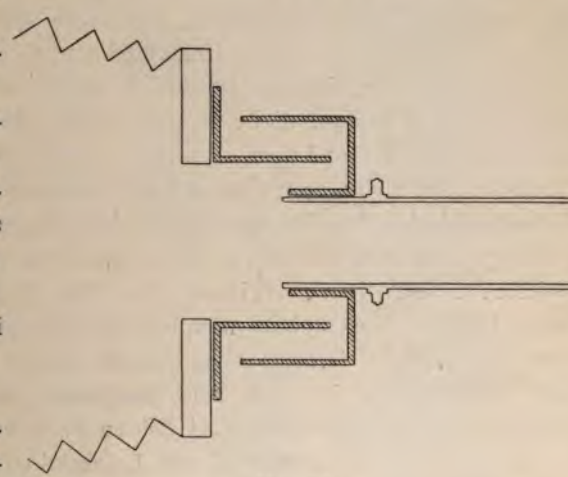


Fig. 25.

auf die Platte gelangen, selbst wenn sie sich an keiner Stelle berühren. Wem diese Verbindung nicht zu Gebote steht, oder wer nach Abnahme des herausziehbaren Teiles des Tubus Aufnahmen machen will, benutze als Verbindung zwischen Camera und Mikroskop einen locker am Tubus mittels eines Gummiringes und ebenso an der Camera festgehaltenen Tuchärmel.

Als **Camera** selbst kann jede beliebige gute Reisecamera dienen. Es ist zweckmäßig, sie womöglich nicht auf denselben Tisch zu stellen, auf dem das Mikroskop steht, weil dies sonst leicht Erschütterungen erfährt. Eine Erschütterung der Camera ist selbst nach erfolgter Feineinstellung bei weitem nicht so gefährlich, wie die leiseste Berührung des Mikroskops.

Die meisten größeren Cameras, welche speziell für mikrophotographische Zwecke konstruiert sind, liegen horizontal. Derartige Cameras, die in der Regel 1,5—2 m Auszugslänge besitzen, liefert Zeiß, Seibert u. a. Sie haben sämtlich einen Fehler. Sie stehen nämlich auf einem Gestell mit vier Füßen. Ein derartiges vierfüßiges Gestell genau horizontal aufzustellen, ist eine sehr mühsame und unsichere Arbeit, während Tische mit drei Beinen auch auf unebenem Boden an sich feststehen und mit Leichtigkeit durch Fußschrauben horizontal zu stellen sind. Leider kippen dreibeinige Tische leicht, und so dürfte sich die Zeißsche Einrichtung empfehlen. Er läßt die vier Füße auf Rollen laufen, durchbohrt aber außerdem jeden Fuß und versieht ihn mit Stellschrauben. Die Camera läßt sich auf den Rollen schnell fortschieben. Soll sie aufgestellt bleiben, dreht man die Stellschrauben so weit nach abwärts, daß die Rollen entlastet sind und alles auf den Schrauben ruht. Mit Hilfe einer Wasserwage ist bei dieser Einrichtung eine Horizontierung des Tisches bald erreicht.

Die langen Auszüge der genannten Cameras sind nur in

Ausnahmefällen nötig, und man kommt daher auch mit einem kürzeren Apparat aus, bei dem der Auszug etwa 50 bis 100 cm beträgt. Ein solches Modell hat Zeiß (Fig. 26) konstruiert. Hierbei ist zwar eine feste Verbindung zwischen Camera und Untersatz für das Mikroskop vorhanden, aber doch in einer Weise, daß Erschütterungen nur bei sehr unvorsichtigem Umgehen mit dem Apparate möglich sind. Der Untersatz für das Mikroskop steht auf drei für sich einstellbaren Füßen auf einer dreieckigen, gußeisernen Unterlage und wird in seiner zentrischen Stellung durch eine zentrale Feder festgehalten. Um diese zentrale Achse ist der Dreifuß drehbar.

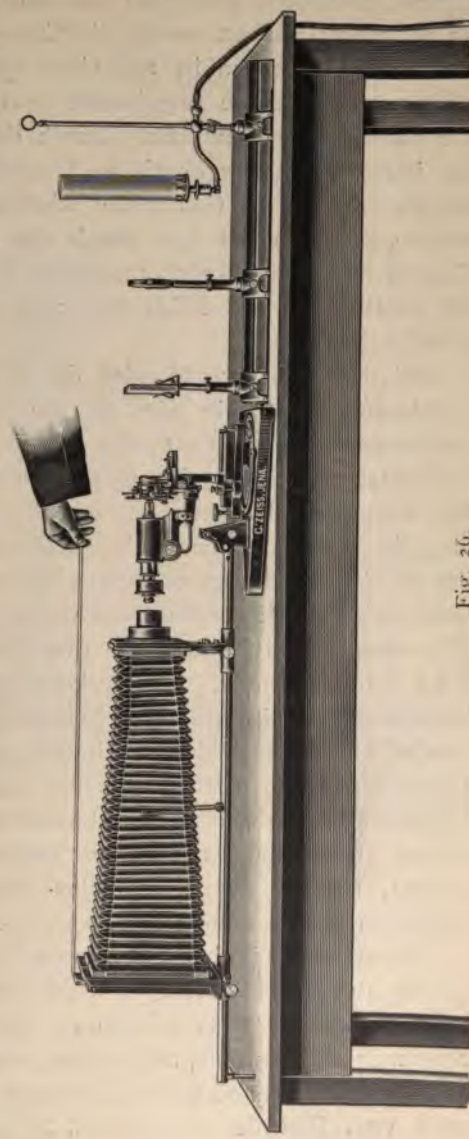


Fig. 26.

Diese Drehbarkeit erleichtert die Einstellung des Präparates im Mikroskop selber, wenn die Camera vertikal gebraucht wird. Die Camera ist auf einer cylindrischen, kräftigen eisernen Laufschiene angebracht und ist sowohl vertikal, wie horizontal zu benutzen. Durch den kräftigen Bau und die immer hin etwas elastische Laufschiene für die Camera vermindert sich die Gefahr der Übertragung von Erschütterungen und man hat den durch die feste Verbindung der Camera mit dem Mikroskopuntersatz bedingten Vorteil, daß die Zentrierung von Mikroskop und Camera ohne weiteres gewahrt bleibt.

Bei diesem Apparate wird das Mikroskop mit seinem Hufeisenfuß genau in die für die verschiedenen großen Instrumente (Stative 1—4 von Zeiß) angebrachten Marken aufgesetzt und durch eine Querleiste festgeschraubt. Dann legt man das Mikroskop um und bringt es durch Verstellung der Fußschrauben dahin, daß es genau in die Mitte des an der Camera angebrachten Teiles des Lichtabschlusses hineinsieht, und kontrolliert die wagerechte Stellung des Mikroskopes durch eine auf den Fuß gestellte empfindliche Dosenlibelle. Die weitere Zentrierung wird unten besprochen. Bei vertikal zu benutzender Camera wird die Laufschiene rechtwinklig zur Unterlage gestellt und in dieser Lage durch einen beigegebenen Stift festgehalten. Die Einstellung des dreifüßigen Untersatzes und damit des Mikroskopes überhaupt ist bei der senkrechten Stellung eine andere, als bei der horizontalen und wird wie oben beschrieben vorgenommen (vgl. Fig. 27).

Wenn auch durch die vorbeschriebene Konstruktion die Gefahr der Erschütterung des Mikroskops vermindert ist, möglich ist sie trotz alledem. Wer häufig mit starken Systemen arbeiten muß, achte streng auf Trennung von Mikroskop und Camera und wähle lieber eine ganz einfache Camera, etwa vom Bau der in Fig. 28, S. 66 (Zeiß in Jena und

Fueß in Steglitz bei Berlin), dargestellten, oder sehe ganz von einer besonderen mikrophotographischen Camera ab und benutze einen gewöhnlichen sogenannten Reiseapparat, den er entweder auf ein Stativ aufschraubt, oder auf einen kleinen besonderen Tisch stellt. Namentlich beim Arbeiten mit Okularen genügen Cameralängen von 30—50 cm, wie

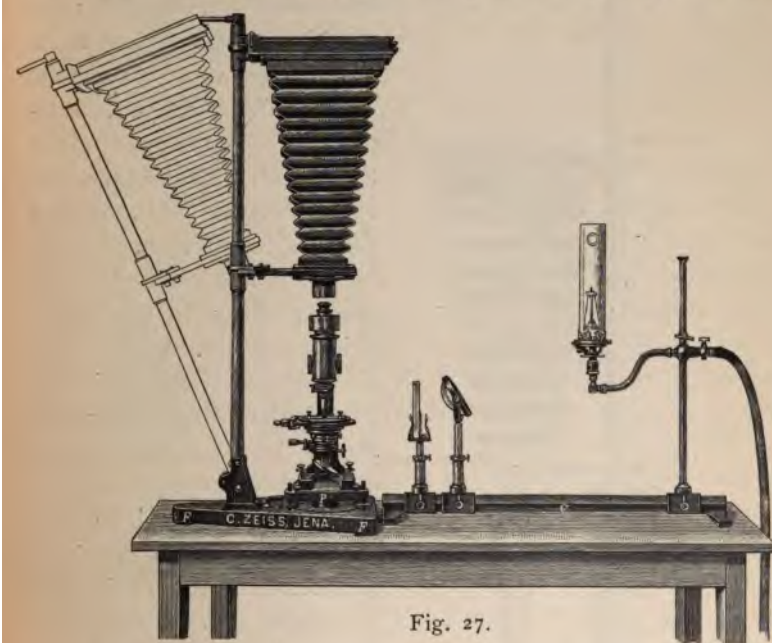


Fig. 27.

sie die 13 × 18 oder 18 × 24 Apparate haben, vollauf. Verfasser hat sogar schon mit zwei ineinander verschiebbaren Kisten gearbeitet, die schwarz ausgekleidet waren und an der hinteren Seite den Visierrahmen mit Mattscheibe einer im übrigen zertrümmerten 18 × 24 Camera trugen. Wer die Prinzipien der Sache kennt, kann sich beinahe ohne Apparate behelfen. Es dauert bloß länger, bis man die primitiven Mittel in Reihe und Ordnung gebracht hat.

Im allgemeinen braucht man die vertikalen Cameras selten. Alle festen Präparate lassen sich in der horizontalen Lage ohne weiteres photographieren. Sind die Präparate ganz frisch und die Möglichkeit einer Senkung des Deckglases noch nicht ausgeschlossen, so umrandet man es mit Paraffin. Aber auch eine Reihe von Präparaten, welche nicht fixierte, körperliche Elemente in einer Flüssigkeit aufgeschwemmt enthalten, wie z. B. frische Blutpräparate u. s. w., können bei horizontal liegender Camera recht wohl photographiert werden, wenn man sie einige Zeit lang auf dem umgelegten Mikroskop ruhig stehen läßt. Alsdann hört die Senkung der Elemente, wenn die Schicht nicht eine allzu dicke ist, in wenigen Minuten auf. Andere Sachen hingegen, z. B. die im „hängenden Tropfen" zu untersuchenden, lassen sich natürlich nicht anders als mit vertikaler Camera aufnehmen; ebenso auch die schwimmenden Präparate. Wenn die Fälle, wo eine senkrecht stehende Camera erforderlich ist, auch selten sind, so können sie doch jedem Mikrophotographen gelegentlich vorkommen, und es ist daher als ein

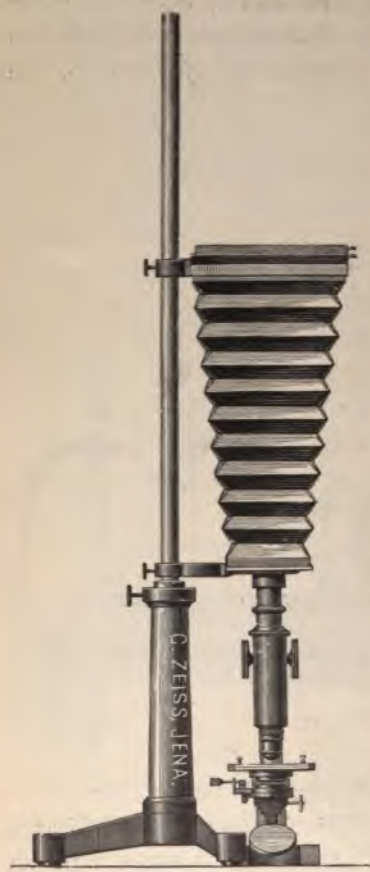


Fig. 28.

Übelstand zu bezeichnen, daß die großen Cameras nur horizontale Aufnahmen gestatten. Die große mikrophotographische Camera von Zeiß war früher so eingerichtet, daß der vordere Teil aufrichtbar war. Bei dem neuen Apparate ist diese Aufrichtbarkeit aber wieder weggelassen. Das mag seinen Grund darin gehabt haben, daß bei der vertikal stehenden Camera das Mikroskop seinen Platz auf dem Projektionstische nicht beibehalten konnte, und daß der ganze Projektionstisch mit seinem Beleuchtungsapparat für die vertikalen Aufnahmen nicht zu gebrauchen war. Statt dessen ist jetzt die horizontale Camera dadurch verwendbar gemacht, daß man das Mikroskop aufrecht stellt und durch totalreflektierende Prismen oder oberflächen-versilberte Spiegel das Bild in die Camera wirft. Genaueres darüber folgt weiter unten bei der Besprechung des Zeißschen Apparates.

Außer den besprochenen Zeißschen Apparaten liefern namentlich Reichert und Seibert brauchbare Cameras, Leitz vorzugsweise eine vertikale, desgleichen Fueß in Steglitz nach den Angaben von Dr. Scheffer gebaut, Seibert eine große horizontale. Eine zweckentsprechende, große Camera mit vereinfachtem Zubehör ist auch nach den Angaben von Neuhauß durch Klönne & Müller hergestellt. Auch die Firma R. u. C. Winkel in Göttingen liefert einen Apparat, dessen Leistungsfähigkeit vielfach anerkannt ist. Allerdings ist er auch wieder so konstruiert, daß Camera und Mikroskopuntersatz in Zusammenhang stehen. Dadurch wird das Arbeiten mit starken Vergrößerungen unsicher, doch dürfte eine passende Umarbeitung sehr einfach möglich sein. Die Besonderheit des Apparates liegt in der sinnreichen Weise, wie er sowohl als Horizontal- und als Vertikalcamera gebraucht wird. In Fig. 29 (S. 68) ist die Vertikalanordnung gegeben.

Nach Lösen der entsprechenden Klemmhebel läßt sich die Camera um die Scheibe *i* drehen und vertikal oder in

beliebiger schräger Stellung festklemmen, sowie im ganzen an der Säule *c* auf und abschieben.

Statt der besonderen Cameras kann nun aber, wie gesagt, auch die gewöhnliche Reisecamera zu mikrophotographischen Aufnahmen dienen, wofern ihre Auszugslänge nicht allzu knapp ist. Genügt sie nicht, so läßt sie sich bis zu einem gewissen Grade dadurch verlängern, daß nach Entfernung des Objektivbrettes ein leichter konischer, event. auch quadratischer Ansatz entweder aus starrer Pappe, oder nach Art der Camerabalgen aus Stoff, ausziehbar hergestellt, als Vorbau angebracht wird. Benutzt man eine konische Verlängerung aus starrem Material, so ist es dringend erforderlich, die Innenfläche mit

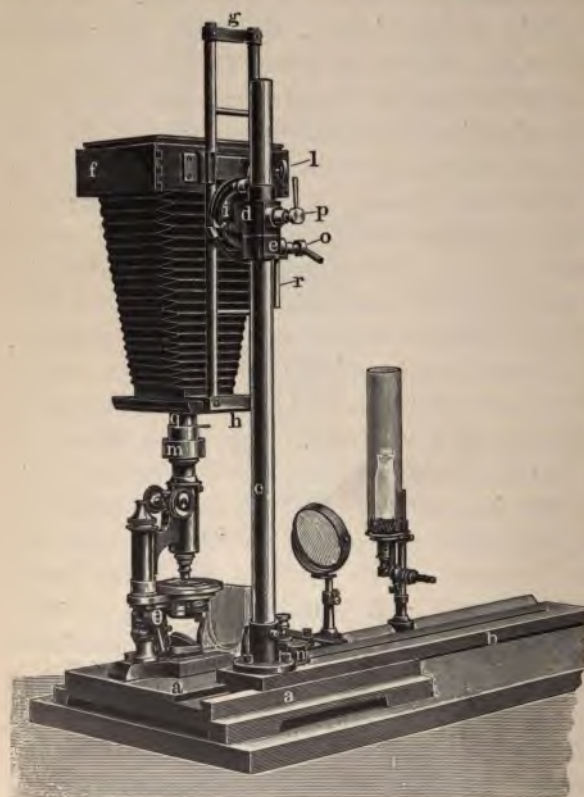


Fig. 29.

schwarzem Sammet auszukleiden, um Reflexe zu vermeiden. Als Verbindung zwischen Camera und Mikroskop dienen entweder die oben beschriebenen beiden Hülsen oder ein Tuchärmel.

Gewisse Schwierigkeiten bietet dabei die **Aufstellung des Mikroskopes.** Es wird durch entsprechende Unterlagen aus ebenen Brettern in die nötige Höhe gebracht und durch einen quer über den Fuß gelegten Bügel mit der Unterlage fest verbunden, damit es sich nicht verschieben kann. Benutzt man die Camera vertikal, so schraubt man sie entweder auf einen verstellbaren Stativkopf, wie z. B. den Stegemannschen (Fig. 30), oder man setzt sie einfach auf zwei nebeneinander gestellte, gleich hohe Stühle und hält sie durch hölzerne Klammern oder sonstwie unverrückbar fest. Das Mikroskop kommt zwischen die Stühle unter die Camera auf eine Fußbank oder dergleichen.

Fig. 30.

Die **Einstellung des Bildes** geschieht zunächst oberflächlich auf der gewöhnlichen Mattscheibe. Um das Bild aber absolut scharf einzustellen, sind die gewöhnlichen Mattscheiben für mikroskopische Objektive zu grobkörnig. Man ersetzt daher die Mattscheibe durch eine durchsichtige Spiegelscheibe und stellt das Bild auf dieser Spiegelscheibe mittels einer Einstelllupe ein. Die Lupe wird fokussiert, indem man auf der vorderen Seite der durchsichtigen Glasplatte ein Strichkreuz anbringt und die Lupe zunächst auf dieses scharf einstellt. Den Anfängern macht das Einstellen auf der durchsichtigen Scheibe mit Hilfe der Lupe zunächst einige Schwierigkeiten, lernt sich aber bald.

Mancher freilich kann wegen fehlerhafter Augen keine richtige Einstellung zustande bringen.

Benutzt man sehr lange Auszüge bei der horizontal stehenden Camera, so ist eine besondere Ferneinstellung nötig, um von der Mattscheibe aus die Mikrometerschraube des Mikroskopes bewegen zu können. Am besten geschieht das durch die von Zeiß u. a. gewählte Anordnung, den sog. **Hookeschen Schlüssel.** Unterhalb der Mikrometerschraube des umgelegten Mikroskopes befindet sich auf dem Untersatze, auf welchem das Mikroskop ruht, eine kleine, vertikal verstellbare Säule, welche oben in festen Lagern eine kleine Walze in der Richtung der optischen Achse des ganzen Apparates enthält. Diese kleine Walze wird zur Erhöhung der Reibung mit einem Stückchen Gummischlauch überkleidet, fest an die Zahnung der Mikrometerschraube angedrückt und in dieser Stellung durch eine Klemmschraube fixiert. Dabei ist ein allzu starkes Drücken zu vermeiden, damit das Mikroskop nicht etwa angehoben wird. Durch ein Universalgelenk ist diese Walze mit einem langen hölzernen Stabe verbunden, der bis zum Beobachter an die Mattscheibe reicht. Namentlich bei starken Vergrößerungen hat man darauf zu sehen, daß der Schlüssel auf einer geeigneten Unterlage durchaus fest aufliegt, weil er sonst, sobald man ihn losläßt, die Einstellung durch kleine, freiwillige Drehungen verderben kann. Desgleichen ist unbedingt irgend eine Berührung des Schlüssels mit der Camera zu vermeiden. In den ersten Zeiten seiner mikrophotographischen Tätigkeit hat sich Verfasser aus Sparsamkeitsrücksichten viel mit dem Ersatz der besprochenen Vorrichtungen durch eine Schnurübertragung nach Art der bei Maschinen üblichen Treibriemen abgemüht. Eine ähnliche Einrichtung hat auch Neuhauß angegeben, aber sie ist für einen universellen Gebrauch nicht zu empfehlen. Für das neue Mikroskop von

Zeiß ist eine besondere Feineinstellung konstruiert, die sowohl für die grobe Einstellung durch das Triebrad der Zahnstange, als auch für die feine mit der seitlichen Mikrometerschraube brauchbar ist. Das Genauere ergibt sich aus Figur 31.

Die Mikrophotographie erfordert häufig, um nicht zu sagen stets, die Anwendung von **Farbenfiltern.** Diese Filter haben einen doppelten Zweck. Einmal dienen sie als

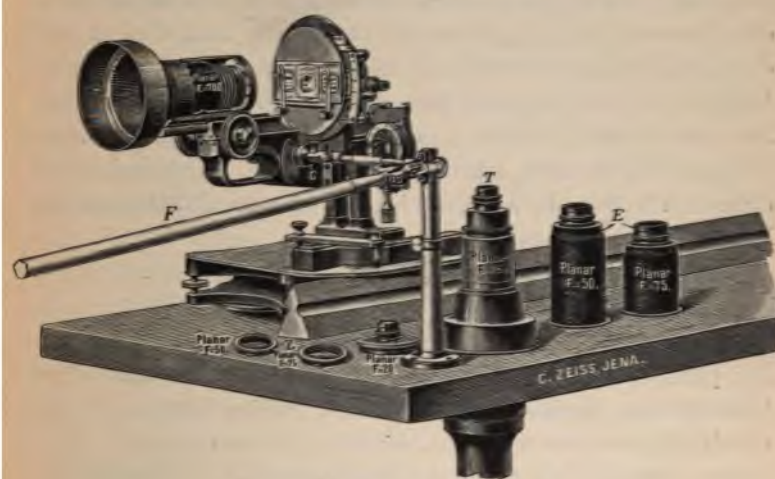


Fig. 31.

Lichtfilter, welche alle diejenigen Lichtstrahlen des weißen Lichtes, die für die Aufnahme ungeeignet sind, abhalten sollen. Es wurde schon bei den Achromaten besprochen, daß die Achromasie dieser Objektive nur eine unvollkommene ist und sich nur auf die optisch hellsten Strahlen beschränkt. Um die störenden Nebenbilder, welche die übrigen Strahlen erzeugen würden, abzuhalten, schaltet man ein Lichtfilter ein, welches nur die brauchbaren Lichtstrahlen hindurchtreten läßt. Die roten und gelben Strahlen sind für die

Photographie von untergeordneter Bedeutung, weil sie auf die gewöhnlichen Platten nur minimale Wirkung ausüben. Die blauen Strahlen sind nicht zu gebrauchen, weil die Objektive für die grünen und gelben korrigiert sind. Man wählt daher in der Regel grüne Schichten als Lichtfilter bei achromatischen Objektiven. Die geringe Empfindlichkeit der gewöhnlichen Bromsilberplatten für grünes Licht läßt sich bekanntlich durch Zusatz von Farbstoffen aus der Eosinreihe zur Emulsion wesentlich steigern. Es setzt also die Verwendung grüner Filter stets den Gebrauch der orthochromatischen Platten voraus. Die gefärbten Gläser des Handels eignen sich nur sehr bedingt zum gedachten Zwecke, weil sie sehr häufig auch blaues Licht hindurchtreten lassen. Weit besser eignen sich zu diesem Zwecke Flüssigkeiten, so das **Zettnowsche Filter,** bestehend aus:

Kupfernitrat	160 g
Chromsäure	14 g
Wasser	250 g

Bei genügender Schichtdicke (ca. 1 cm) läßt es nur einen beschränkten Spektralbezirk im Grün hindurchtreten. Es ist durch Gemische von Anilinfarben zu ersetzen. Verfasser verwendet ein Filter aus **Martiusgelb** und **Methylenblau.** Beide Farbstoffe werden in gesättigter alkoholischer Lösung vorrätig gehalten. Zu je 200 ccm Wasser setzt man je 10 ccm Martiusgelb- und Methylenblaulösung und mischt beide Lösungen. Der schwärzliche Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt, einmal mit Wasser gewaschen und dann durch Alkohol gelöst. Durch mehrmaliges Übergießen des Filtrates läßt sich jeder Konzentrationsgrad herstellen. Dieses Filter ist gut haltbar. Es läßt etwas mehr Licht hindurchtreten, als das Zettnowsche, und da sein Grün etwas mehr nach dem Blau zu liegt, gestattet es eine kürzere Exposition. Der schmale Streifen Rot, welcher noch

durchtritt, ist wegen seiner Wirkungslosigkeit auf die Platten belanglos. Als Behälter für diese Flüssigkeiten dienen sog. **Lichtfilterkuvetten** aus zwei einigermaßen planparallelen Glasplatten, die auf einen Zwischenring aus Glas aufgekittet sind. Derartige käufliche Kuvetten sind aber wenig brauchbar, weil die Kittsubstanz, namentlich bei Benutzung des Zettnowschen Filters, nur sehr kurze Zeit dicht hält. Außerdem ist die Reinigung der gewöhnlich sehr engen Behälter schwierig. Man tut daher besser, sich diese Kuvetten selber herzustellen. Zwischen zwei möglichst dünne, homogene und ebene Glasplatten wird ein Rahmen aus weichem Gummi gelegt und die Platten durch Kopierklammern oder einen besonderen Metallrahmen mit Schrauben fest zusammengehalten. Befeuchtet man die Gummizwischenlage vor dem Zusammensetzen des Behälters leicht mit Wasser, so tritt keine Flüssigkeit nach außen durch. Da die Gummizwischenlagen gewöhnlich nicht in großer Dicke zu erhalten sind, so bieten die Anilinfarbstoffe, welche in beliebiger Konzentration gemischt werden können, mehr Vorteile, als das Zettnowsche Filter, dessen Intensität nur durch Steigerung der Schichtstärke zu erhöhen ist. Oft ist es ratsam, die Anilinfarbenlösungen nicht zu mischen, sondern in zwei gesonderten Kuvetten hintereinander zu benutzen. Die Gummirahmen lassen sich nach Neuhauß' Vorschlag durch Kautschukschläuche ersetzen. Bei Verwendung von Schläuchen kann man übrigens durch Füllen des Lumens mit Wasser die Kompressibilität vermindern und dadurch eine Steigerung der Schichtdicke ermöglichen.

Außer als Lichtfilter für die Beleuchtung dienen diese Lösungen auch gleichzeitig als Farbenfilter für das Präparat. Weitaus die meisten mikroskopischen Präparate sind gefärbt. Es wäre nun am günstigsten, wenn alles, was Präparat ist, schwarz sein würde, während alles übrige ungefärbt wäre. Auf diese Weise gelänge es ohne weiteres, die

feinsten Details darzustellen. Da sich das aber nicht erreichen läßt, so färbt man die Präparate mit den gewöhnlichen Farbstoffen und setzt dann ein solches Filter ein, daß die gefärbten Teile möglichst schwarz oder braun erscheinen. Ist z. B. ein Präparat mit Karmin gefärbt, so verwendet man ein grünes Filter. Alle freien Stellen am Präparat erscheinen demnach grün, alle rot gefärbten Stellen hingegen absorbieren einen erheblichen Teil der grünen Strahlen und sehen also mehr oder minder schwarz aus. Das Gleiche gilt von annähernd allen roten Anilinfarbstoffen, welche ebenfalls grünes Licht absorbieren. Blaue und violette Farben werden in grünem Licht ebenfalls nahezu schwarz erscheinen, und so kommt es, daß die grünen Filter eine fast allgemeine Anwendung gestatten. Für manche Farben genügt auch ein gelbes Filter aus Martiusgelb oder Pikrinsäurelösung.

Statt der feuchten Filter bieten trockene manche Vorzüge. Sie lassen sich in der gewünschten Intensität und in allen möglichen Variationen leicht im Vorrat herstellen und die einzelnen Scheiben sind leicht mit einander verbunden. Entweder löst man die Farbstoffe in 2, 3 oder 4 % Collodium, je nach der gewünschten Intensität, und gießt sich daraus auf passende Glasplatten die Filter, oder man fixiert verdorbene Bromsilberplatten, wäscht gut aus und badet sie in Farbstofflösungen. Martiusgelb und ähnliche Stoffe liefern gute Gelbscheiben, Chrysoïdin orangegelbe Scheiben, Brillantgrün grünblaue, Methylenblau blaue u. s. w., durch deren Kombination man Grünfilter gewinnt u. s. w. Die Schicht schützt man durch eine Deckplatte wie ein Diapositiv, oder man verkittet mit Kanadabalsam je zwei geeignete Scheiben miteinander. Wer sich die Gelatineplatten selber gießen will, nehme eine 10 % Gelatine, die gut filtriert wird, gieße auf saubere Glasplatten nach vorheriger Erwärmung auf (ca. 5 ccm auf 10 qcm Platte), lasse auf einem Nivellier-

gestell erstarren und staubsicher trocknen. Wer die bakteriologische Technik der Herstellung von Plattenkulturen treibt, kann diese Arbeit leicht ausführen. Um ein Grünfilter zu erhalten, bade (nach Lumière) in:

Neues Methylenblau *n* (Seyewetz und Lisley) $^1/_2$ % wässerige Lösung 5 ccm;

Auramin *G* (Badische Anilin- und Sodafabrik) $^1/_2$ % wässerige Lösung 30 ccm.

Ähnliche Vorschriften gibt es viele und jedermann kann sich selber neue ausprobieren. Um aber die richtigen Filter finden zu können, muß sich der Mikrophotograph mit der Handhabung des **Taschenspektroskops** vertraut machen, um immer möglichst das Licht anzuwenden, welches die Farben der Präparate absorbieren. Eine absolut genaue Detaillierung aller Einzelheiten ist nicht möglich, weil auch die Konzentration der Filter je nach der Intensität der Farbe des Präparates eine wechselnde sein muß. Hier kann nur eigenes Studium die nötige Erfahrung bringen. Zu Anfang begnüge man sich, wie gesagt, möglichst mit grünen Filtern und probiere systematisch die Zusammenstellungen verschiedener Farben, insbesondere von Anilinfarben, je nach der Beschaffenheit des Präparates.

Viele Mikrophotographen haben eine besondere Furcht vor den **ultravioletten Strahlen.** Sie ist in der Regel grundlos. Von allen zur Verwendung kommenden Lichtquellen enthält, abgesehen vom Sonnenlicht, nur das elektrische Bogenlicht einen erheblichen Prozentsatz ultravioletter Strahlen. Von diesem Lichte wird ein Teil bereits durch die geringen Luftschichten, welche es bis zum Mikroskop zu durchdringen hat, verschluckt, ein noch größerer Teil durch die Glaslinsen, und schließlich sind die Bromsilberplatten für das verbleibende Restchen wenig empfindlich. Die Lichtfilter, die ohnehin verwendet werden, absorbieren fast alles, insbesondere, wenn sie, wie das beschriebene

Anilinfarbenfilter, fluoreszieren. Es ist also selbst bei Benutzung von elektrischem Bogenlichte kaum nötig, ein Filter für die ultravioletten Strahlen einzuschalten. Wer ganz sicher gehen will, kann ein Filter mit schwefelsaurem Chinin oder 1 % Askulinlösung anwenden. Die verschiedenen Modifikationen des Kalk- und Zirkonlichtes, des Gasglühlichtes, der Petroleumlampen u. s. w. erfordern kein Filter für ultraviolettes Licht.

Das Filter selbst findet seine Stellung am besten zwischen dem Kondensor des Mikroskops und dem von dem großen Kondensor gelieferten Flammenbildchen. An sich wäre es ganz gleichgültig, wo das Filter zwischen Lichtquelle und Platte eingeschaltet wird. Die Stellung zwischen Platte und Linse verbietet sich wegen der durch die Glaswände und die Flüssigkeit bedingten Verschiebung der bilderzeugenden Strahlen. Die Stellung zwischen Lichtquelle und großem Kondensor erfordert relativ sehr große Filter, während bei der angegebenen Stellung ein Filter von nur etwa 3—4 qcm Fläche nötig ist.

Spezieller Teil.

Nachdem nunmehr die allgemeinen Grundlagen der Mikrophotographie besprochen sind, kommen wir jetzt zu der speziellen Ausführung der mikrophotographischen Aufnahmen. Die erste Aufgabe ist die **Zentrierung des gesamten Apparates.** Dazu ist erforderlich, daß die optische Achse der Mikroskoplinse in ihrer Verlängerung nach der Lichtquelle zu die Mitte sämtlicher Beleuchtungslinsen und der Lichtquelle selbst durchschneidet, und die Verlängerung nach der Platte zu auf den Mittelpunkt der Visierscheibe trifft. Zu dieser optischen Achse senkrecht müssen das Präparat, die Platte und sämtliche Linsen stehen. Eine exakte Zentrierung ist eins der wichtigsten Erfordernisse für ein gutes Resultat. Sie wird wesentlich erleichtert, wenn das nötige Instrumentarium nicht nur in einer geraden Linie hintereinander, sondern auch in einfacher Weise in der Höhe verstellbar eingerichtet ist. Derartige Vorkehrungen sind getroffen, bei den großen mikrophotographischen Ausrüstungen von Zeiß, Seibert u. a. Verfasser arbeitet seit Jahren mit der großen Zeißschen Einrichtung (Fig. 32), die neuerdings so vervollkommnet ist, daß kaum noch etwas zu wünschen übrig bleibt. Damit soll keineswegs gesagt sein, daß die Produkte anderer Firmen nicht ebenso brauchbar wären. Es ist ein großer Irrtum, zu glauben, daß die Herstellung guter Mikro-

photographieen nur mit komplizierten und teueren Apparaten gelänge, vielmehr ist es die gründliche Kenntnis der theoretischen und praktischen Grundlagen des ganzen Verfahrens und eine gewisse natürliche Geschicklichkeit, welche dem Beobachter ermöglicht, in allen Fällen Mittel und Wege zu finden, um das gesteckte Ziel aus eigner Kraft zu erreichen. Um dem Leser das zu erleichtern, ist das Studium des ersten allgemeinen Teiles dringend zu empfehlen. Der Mikrophotograph muß denken lernen und sich nicht ängstlich an Schemata halten. Daß dennoch der große und komplizierte Zeißsche Apparat zum Ausgangspunkte der ganzen Besprechung gemacht wird, hat seinen Grund darin, daß er dem Verfasser besonders vertraut und auch als Demonstrationsapparat besonders geeignet ist. Wer seine Handhabung verstanden hat, wird auch mit viel einfacheren und infolgedessen erheblich billigeren Mitteln auskommen können. Er wird seine bescheidenen Hilfsmittel genau so anordnen, wie bei dem großen Apparate. Es erfordert jedoch in der Regel das Arbeiten mit selbst zusammengebauten Apparaten eine erheblich längere Zeit, weil die richtige Aufstellung schwierig ist.

Der angeführte Apparat (vergl. Fig. 32, S. 81) besteht aus zwei Hauptteilen, der eigentlichen Camera, welche auf dem schweren gußeisernen Gestell durch Schienen auf diesem Gestell vor- und zurückschiebbar ist, ohne daß der gußeiserne Unterbau verrückt zu werden braucht, und aus dem sog. Projektionstisch, welcher alle zur Bilderzeugung nötigen Apparate trägt. In der Mitte dieses Tisches ist die eigentliche optische Bank, DD_1, bestehend aus einer prismatischen dreikantigen eisernen Schiene, in der Längsrichtung aufgeschraubt. An dem der Camera zugekehrten Ende findet ein in der Höhe und seitlich verstellbarer, gußeiserner Untersatz für das Mikroskop (M) seinen Platz. Die Lichtquelle, in der Figur eine Kalklichtlampe, wird an

das andere Ende der optischen Bank gestellt. Beide Gestelle werden in doppelter Ausführung hergestellt, entweder fest, oder mit verstellbarem Oberteil. Die Camera ist unter allen Umständen verstellbar zu wählen, weil sonst das Mikroskop nicht aufrecht stehend zu brauchen ist. Den Projektionstisch wählt man nur dann verstellbar, wenn er für sich allein häufig als Projektionsapparat, womöglich in verschiedenen Räumen dienen soll. Die Verstellung erfolgt mit bequemen Triebrädern *T* leicht und gleichmäßig durch sehr exakte Kronradübertragung. Besondere Klemmen *Kl* gestatten die Fixierung in jeder beliebigen Höhe. Gut ist es, die schon oben beschriebene Anbringung von Rollen und Stellschrauben an allen Füßen vornehmen zu lassen.

Zur Aufstellung dieser beiden Tische wählt man ein Zimmer aus, welches möglichst von Erschütterungen frei ist. Dazu eignen sich vorzugsweise Keller oder Parterreräumlichkeiten. In größeren Städten läßt sich in höheren Etagen bei lebhaftem Verkehr auf der Straße infolge des fortwährenden Zitterns des Hauses und damit natürlich auch der Mikroskoptische bei stärkeren Vergrößerungen kaum anders, als in späten Nachtstunden arbeiten. Die Aufstellung auf isolierten Pfeilern ist nicht unbedingt notwendig, aber wenn sie ausführbar ist, sehr erwünscht. Es sei hier bemerkt, daß die isoliert fundierten Pfeiler in manchen Instituten durchaus fehlerhaft konstruiert sind. Entweder sind sie nicht groß genug, oder aber, was auch vorkommt, sie stehen in fester Verbindung mit dem Fußboden. An manchen Stellen hat die Aufstellung auf isolierten Pfeilern schon aus dem Grunde keinen Zweck, weil es unmöglich ist, ohne ganz erhebliche Kosten einen wirklich erschütterungsfreien Pfeiler herzustellen. Solche Pfeiler müssen die Architekten manchmal sehr gegen ihren Willen bauen, wenn infolge schlechten Baugrundes erst mit Pfahlrosten und Betonfundamenten ein

tragfähiger Baugrund geschaffen werden muß. Das war z. B. der Fall bei dem neuen Pathologischen Museum in Berlin. So wird es möglich, daß Verfasser im fünften Stock erschütterungsfrei photographieren kann. Anderenfalls muß man sich in die Umstände fügen, und es bleibt nichts weiter übrig, als Zeiten abzuwarten, wo das Haus möglichst ohne Erschütterung bleibt. Sehr erwünscht ist es, wenn sich der Arbeitsraum vollständig verdunkeln läßt. Wer mit Sonnenlicht arbeiten will, muß ein nach Süden gelegenes Zimmer als Laboratorium auswählen. Besonders empfehlenswert ist die Sonne als Lichtquelle nicht, weil sie nicht gezwungen werden kann, zu scheinen, wenn man sie braucht.

Ist der passende Ort gefunden, so werden zunächst die beiden Tische, Projektionstisch und Camera, möglichst so hintereinander aufgestellt, daß die optische Bank in gerader Linie mit der Cameraachse steht. Das erreicht man ziemlich genau durch einfaches Visieren in der Längsrichtung der beiden Tische. Damit nun die Mattscheibe senkrecht zur Längsrichtung des ganzen Apparates zu stehen kommt, schiebt man die Camera auf den Gleitschienen *S* so weit an die schmale Seite des Projektionstisches heran, daß nahezu eine Berührung erfolgt. Der verbleibende Zwischenraum zwischen der Kante des Projektionstisches und der Camera bei *D* muß in seiner ganzen Länge gleich breit sein, wenn die Camera richtig steht. Ist das nicht der Fall, so wird sie entsprechend gedreht. Wenn die Aufstellung des Apparates auf einem weichen Fußboden geschieht, so müssen unter die Füße gleich dicke, möglichst breite eiserne Scheiben oder Steinfliesen gelegt werden, weil sich sonst der schwere Apparat bald in den Boden eindrückt. Dieses Eindrücken erfolgt aber nicht gleichmäßig und erschwert außerdem natürlich das Hin- und Herrücken zur feineren Einstellung ganz erheblich.

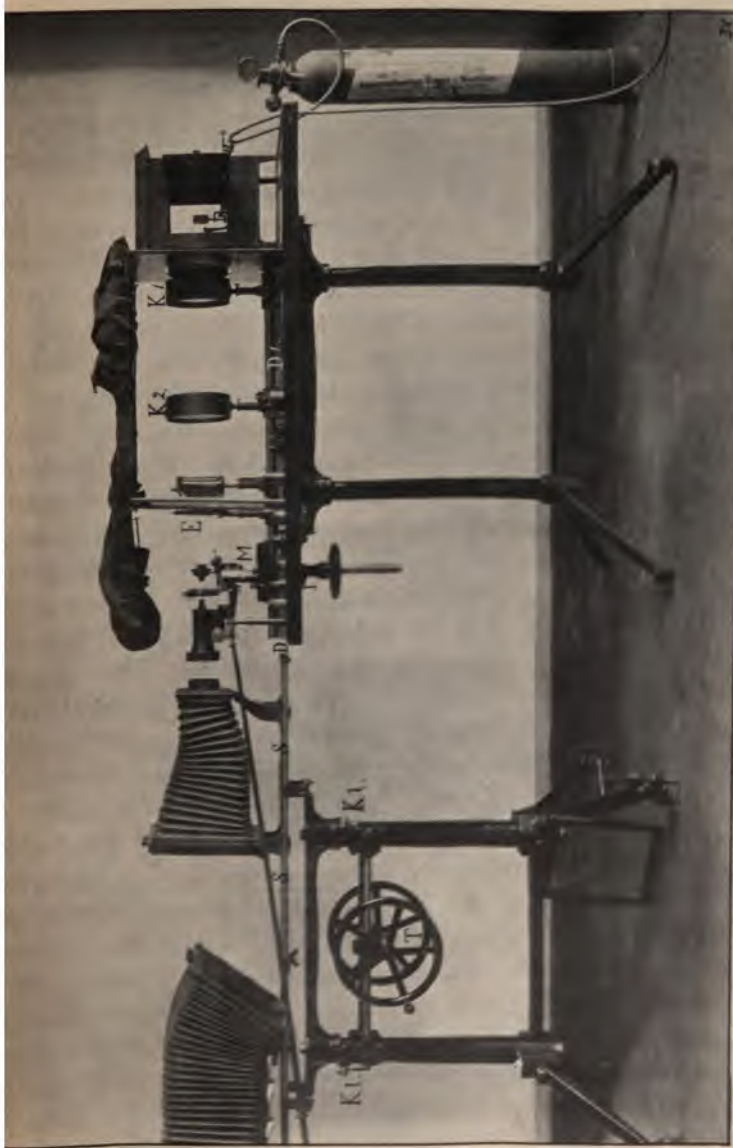


Fig. 32.

Stehen die Tische nun in der entsprechenden Richtung, so werden sie unter Zuhilfenahme einer Wasserwage beide genau horizontal gestellt. Bei den vierfüßigen Tischen ohne jede Fußschraube ist dies eine sehr schwierige und langweilige Arbeit, und nur durch Unterschieben harter Holzscheiben möglich. Daher wurde schon oben empfohlen, Gestelle mit Stellschrauben an den Füßen zu verlangen.

Nach Horizontalstellung der Tische kommt der Mikroskopuntersatz *M* an seinen Platz am Ende des Projektionstisches und das Mikroskop auf diesen Untersatz, wo es in seiner richtigen Stellung durch Anschlagleisten und durch eine quer über dem Fuß liegende Platte mit Hilfe einer Schraube unverrückbar festgehalten wird. Die Anschläge auf diesem Tische sind natürlich speziell für die Zeißschen Mikroskope bestimmt. Wer andere Stative verwendet, kann sie nicht mehr gebrauchen und hat nach ihrer Entfernung sorgsam darauf zu achten, daß die Längsachse des umgelegten Mikroskopes in die Längsrichtung des ganzen Apparates fällt. Vom Mikroskope werden der Spiegel mit samt seinem Halter, der Abbesche Kondensor, die Linsen und die Okulare entfernt, der Oberteil umgelegt. Nun wird die Lichtquelle entzündet und annähernd so hoch über dem Tisch aufgestellt, daß ihre Mitte in gleicher Höhe steht wie die Achse des Mikroskoptubus.

Nunmehr fällt das Licht durch das Mikroskop hindurch bis auf die Mattscheibe der Camera, und wenn der Apparat richtig steht, muß genau in der Mitte der Mattscheibe ein kreisrunder, heller Fleck auftreten. Die Mitte der Mattscheibe bezeichnet man sich dadurch, daß man auf der mattierten Fläche recht genau die Diagonalen der Mattscheibe mit Bleistift zieht. Dann ist ihr Schnittpunkt die Mitte der Scheibe. In der Regel wird anfangs der Lichtfleck nicht genau in die Mitte fallen. Um ihn recht genau dorthin zu bringen, schiebt man die Camera dicht an das

Mikroskop und möglichst eng zusammen, so daß ein relativ kleiner Lichtkreis entsteht, der nicht erheblich größer in seinem Durchmesser ist, als der Tubus. Durch Heben und Senken des Mikroskopuntersatzes wird zuerst das Mikroskop so hoch gestellt, daß sein Tubus genau in die Mitte der Öffnung an dem Stirnteil der Camera paßt, wodurch der Lichtfleck in die richtige Höhe kommt. Weicht er nach rechts oder links von der Mitte ab, so ist die ganze Camera parallel zu ihrer Längsrichtung nach der entsprechenden Seite zu verschieben. Steht der Lichtfleck richtig, so zieht man die Camera aus, so lang es irgend geht, und kontrolliert nun die Stellung des Lichtfleckes. Wenn die Tische horizontal stehen, darf nun höchstens noch eine Abweichung nach rechts oder links vorhanden sein. Sie rührt dann daher, daß entweder die Camera nicht genau in der Verlängerung der optischen Bank steht, sondern einen gewissen Winkel mit dieser Linie bildet, oder daß das Mikroskop denselben Fehler hat. Das letztere läßt sich ziemlich sicher ausschließen, wenn man die Aufstellung des Untersatzes recht genau vornimmt, sodaß seine der Camera zugekehrte Seite genau parallel zur Kante des Projektionstisches steht. Durch eine auf den horizontalliegenden Tubus aufgesetzte Wasserwage wird seine genaue horizontale Lage kontrolliert und eventuell durch die Nivellierschrauben des Untersatzes verbessert. Die falsche seitliche Richtung der Camera wird dadurch beseitigt, daß die ganze Camera mit ihrem hinteren Ende nach rechts oder links geschoben wird, wobei als Drehungsachse eine durch die Mitte des Lichtabschlußstückes gehende Senkrechte dient. Hat nunmehr der Lichtfleck auch bei lang ausgezogener Camera seine richtige Stellung, so wiederholt man die ganze Operation nochmals, um sicher zu sein, daß der Vorderteil der Camera nicht mit verschoben ist. Wenn der Lichtfleck nicht kreisrund ist, so hat das seinen Grund darin, daß entweder die Mikro-

skopachse sehr schräg oder die Lichtquelle stark seitlich steht. Durch Drehen des Mikroskopes für sich auf seinem Untersatz oder Rücken der Lampe läßt sich dieser Fehler leicht beseitigen.

Nunmehr wird auf die optische Bank der **Kondensor** aufgestellt. Der Zeißsche Kondensor ist ein dreifaches System, bei dem die beiden hinteren Linsen in besonderer Fassung der Lichtquelle zugekehrt werden. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß die der Lichtquelle zuzukehrende Fläche stark konkav ist. Die Fassung der Linsen trägt einen massiven Stiel, welcher in entsprechende Füße, die zum Aufsetzen auf die optische Bank dienen, eingepaßt ist. Kleine Klemmschrauben halten den Fuß an der optischen Bank und den Stiel in dem Fuße fest. Wer sich diesen ziemlich teuren Kondensor (110—125 Mk.) nicht anschaffen will, kann sich auch mit einem gewöhnlichen Doppelkondensor von ca. 10 cm Durchmesser und 15 cm Brennweite der einzelnen Linsen behelfen. Man läßt die beiden Linsen jede für sich ähnlich den Zeißschen fassen, um sie gegeneinander verschieben zu können. Die der Lichtquelle zugekehrte Linse K_1 wird so aufgestellt, daß die Lichtquelle in ihrem Brennpunkte steht, oder, was dasselbe heißt, daß das aufgefallene Licht parallel austritt. Wenn dies der Fall ist, muß bei annähernd runder Lichtquelle das austretende Lichtbüschel in seiner ganzen Länge immer denselben Durchmesser behalten, und zwar ist dieser Durchmesser gleich dem der Linse. Wird der Lichtkegel breiter, so muß die Linse von der Lichtquelle entfernt werden, wird er schmäler, ist das Umgekehrte der Fall. Übrigens braucht diese Einstellung nicht mit mathematischer Genauigkeit zu erfolgen, sondern es genügt, wenn sie annähernd richtig ist. Mit Hilfe der zweiten Linse K_2 wird nun das parallele Lichtbüschel wieder zu einem Bilde der Flamme vereinigt. Dieses Flammenbildchen wird durch Verschiebung der zweiten,

also der dem Mikroskop näher stehenden Linse, entweder in die Öffnung des Mikroskoptisches, oder in die Mitte der Irisblende vom Abbeschen Beleuchtungsapparat projiziert. Auf diese Weise bringt man Lichtquelle und Kondensor ebenfalls in die optische Achse. Fällt das Bild der Lichtquelle nicht an den angegebenen Ort, so wird unter Heben und Senken der Kondensoren und der Lichtquelle die genaue Zentrierung vorgenommen. Die beiden Teile der Kondensoren sollen in gleicher Höhe stehen. Die ungefähre Stellung läßt sich mit Hilfe eines Metermaßes schon ermitteln, indem man die Mittelpunkte der Kondensoren in dieselbe Höhe über den Projektionstisch bringt, wie die Achse des Mikroskoptubus, also genau so, wie vorher die erste Einstellung der Lichtquelle vorgenommen wurde. Je genauer die Einstellung mit Hilfe des Maßes geschieht, um so weniger braucht man zu probieren. Nun gilt es noch, eine Hilfsvorrichtung einzuschalten, welche dazu bestimmt ist, die Projektion des von dem großen Kondensor gelieferten Flammenbildchens durch den später einzusetzenden Hilfskondensor an die richtige Stelle innerhalb des Vergrößerungssystems zu erleichtern. Dazu dient eine **Blende,** *E* (Fig. 32), mit regulierbarer Öffnung, und am besten eine Irisblende, wie sie von Zeiß zu dem gedachten Zweck geliefert wird. Zur Not kann auch die Irisblende irgend eines entsprechend großen photographischen Objektivs dazu dienen, aus dem die Linsen entfernt sind. In diesem Falle wird die verbleibende Objektivfassung in eine größere Pappscheibe eingesteckt, um das nebenher vorbeigehende Licht abzuhalten. Die **Zentrierung dieser Blende,** welche ihre feste Stellung am Ende der optischen Bank vor dem Mikroskop in einer Entfernung von etwa 15—20 cm von dem Mikroskoptisch erhält, geschieht auf die Weise, daß die zweite Linse des großen Kondensors so weit der Lichtquelle genähert

wird, daß das Flammenbild nicht, wie vorhin, auf die Mitte des Tisches oder der Irisblende des Mikroskopes fällt, sondern in die Mitte der Hilfsblende. Da alles übrige bereits zentriert ist, ist es nur nötig, diese Blende so zu verstellen, daß das Flammenbildchen genau in ihre Mitte fällt.

Wenn alles dies exakt ausgeführt ist, ist der Apparat für die Aufnahme vorbereitet. Genau, wie es hier beschrieben wurde, wird auch verfahren, wenn keine besondere Camera, keine optische Bank zur Verfügung stehen, nur ist dann, wie schon gesagt wurde, das Verstellen der einzelnen Teile erheblich schwieriger und zeitraubender. Hat man die richtige Stellung der verschiedenen Teile einmal exakt ermittelt, so wird sie durch Strichmarken festgelegt, um sie gegebenen Falles mit Schnelligkeit wieder auffinden zu können. Am besten ist es freilich, wenn der aufgestellte Apparat ruhig an seinem Platze bleibt.

Bei der Herstellung der Aufnahmen handelt es sich darum, zu entscheiden, ob **Achromate,** oder **Apochromate** vorzuziehen sind. Nach der Überzeugung des Verfassers bieten die Apochromate vor guten Achromaten nur Vorzüge, wenn es sich um starke Vergrößerungen handelt, und zwar um Aufnahmen mit Apochromat 4 oder 3 mm mit Korrektionsfassung und mit der homogenen Immersion. Diese Objektive sind aber nur nötig, wenn es sich um sehr schwierige und feine Details im Präparat handelt; zu allen übrigen Aufnahmen können ebensogut, um nicht zu sagen besser, die Achromate dienen. Der einzige Fehler, den die Apochromate weniger besitzen als die Achromate, ist die geringere Achromasie der letzteren, und sie läßt sich innerhalb der für die Praxis erforderlichen Grenzen aufheben durch die Verwendung eines der schon beschriebenen Filter aus Martiusgelb und Methylenblau oder des Zettnowschen.

Bei den **schwachen mikroskopischen Objektiven**

von 35—40 mm Brennweite kann das Objektiv in gewöhnlicher Weise an den Tubus angeschraubt werden. Kommen längere Brennweiten, sowie Planare zur Anwendung, so setzt man sie von oben in den Tubus ein, damit der richtige Abstand vom Präparat eingehalten und der volle Bildwinkel ausgenutzt werden kann (vergl. Fig. 31). Alle schwachen Mikroskopobjektive älterer Konstruktion ersetzen vorteilhaft die Planare von Zeiß, die neuen Objektive von Leitz und entsprechende Linsen. Die schwachen Objektive erfordern einen Hilfskondensor aus einer einfachen bikonvexen Linse oder einer Lupe (vergl. S. 40). Zeiß liefert für seine Instrumente solche Kondensoren in einer Fassung, welche erlaubt, sie in den gewöhnlichen Abbeschen Beleuchtungsapparat einzuschieben. Das Präparat wird auf den Objekttisch des Mikroskopes gebracht, die Linse angeschraubt und nun das vom großen Kondensor gelieferte Flammenbild in die Blendenebene oder, was für diese Fälle annähernd dasselbe ist, auf die vordere Fläche des Objektives projiziert. Das geschieht in der Weise, daß durch Verschiebung der dem Mikroskop zugekehrten Linse des großen Kondensors das Flammenbild ca. 5 cm vor der in der angegebenen Weise aufgestellten Irisblende — zwischen ihr und dem Mikroskop — entsteht. Dann wird durch den Hilfskondensor nicht dieses Flammenbildchen, sondern vielmehr die Öffnung der Hilfsblende auf die vordere Linse des annähernd richtig eingestellten Vergrößerungsobjektives scharf projiziert. Dadurch kommt die Spitze des Lichtkegels von selbst an die richtige Stelle. Um die Beurteilung zu erleichtern, wird ein Blättchen weißes Papier unmittelbar vor die Linse gehalten und der Rand der Blende durch Verschiebung des Hilfskondensors so scharf wie möglich eingestellt. Im großen und ganzen ist nun die Beleuchtung richtig, d. h. das ganze Gesichtsfeld gleichmäßig erhellt. Die genauere Regulierung erleichtert man sich,

indem man eine weiße Kartonscheibe annähernd an den Ort der Mattscheibe bringt, darauf das Präparat scharf einstellt und nun durch Versuche eine gleichmäßige Beleuchtung herbeiführt. In der Regel ist nur eine Verschiebung der zweiten, der dem Mikroskop zugekehrten Linse des großen Kondensors nötig. Desgleichen kann man leicht auf diese Art eine geeignete Stelle des Präparates aussuchen und das Gesichtsfeld durch Öffnen oder Schließen der Blende vor dem Mikroskop annähernd begrenzen. Kalklicht genügt vollständig, um diese Art der Einstellung auf der Pappscheibe bis zu den Immersionslinsen auszuführen. Nur so ist es möglich, sehr rasch alles zu regulieren, da man nicht in die Camera zu sehen braucht, vorausgesetzt, daß der Aufnahmeraum verdunkelt ist. Ja, man kann ohne ins Mikroskop zu sehen alles zur Aufnahme vorbereiten bis auf die Feineinstellung, während man sonst bei dem ca. $2^1/_2$—3 m langen Apparate unendliche Zeit braucht und ohne Assistenten kaum fertig wird.

Besondere Wichtigkeit ist auf gleichmäßige Beleuchtung zu legen. Um sicher zu gehen, entferne man anfangs das Objekt und prüfe die Beleuchtung. Dunkle Flecke entstehen z. B. durch eine kaltgeblasene Stelle auf dem Kalkcylinder — man reguliert die Flamme, oder bei Benutzung von Auerlicht, elektrischem Bogenlicht — (elektrisches Glühlicht ist fast unbrauchbar) entstehen netzartige Zeichnungen oder ungleichmäßige Erleuchtung — man verschiebe die zweite große Kondensorlinse. Bei seitlichen Unregelmäßigkeiten der Beleuchtung zentriert man die Lichtquelle. Nach Entfernung des Präparates aus dem Gange der Lichtstrahlen zeigen sich in dem hellen Kreise auf der Mattscheibe nicht selten noch konzentrische hellere Stellen, welche Reflexe an der inneren Fläche des Tubus zur Ursache haben, und zwar in der Regel von den Stellen des engeren Tubuseinsatzes, an denen das Okular anliegt. Diese Stellen sind

nämlich, um das Eingleiten des Okulars zu erleichtern, nicht geschwärzt. Man beseitigt derartige Reflexe am einfachsten durch Herausschrauben des ganzen Einsatzes aus dem festen Teil des Tubus. Dadurch erreicht man nebenher noch eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes. Diese Entfernung des Okularstutzen mache man sich zur Regel bei allen Arbeiten ohne Okular.

Bei der Verwendung von photographischen Linsen ist aber auch der weite Teil des Tubus gewöhnlicher Mikroskope noch zu eng und schneidet erheblich von dem Bilde ab. Deswegen muß für diese Fälle ein möglichst weiter Tubus, wie z. B. der des mikrophotographischen Stativs von Zeiß, zur Verwendung kommen. Es empfiehlt sich unter allen Umständen, wie schon geraten wurde, auch den weiten Teil des Tubus innen mit schwarzem, matten Stoffe auszukleiden. Diese Auskleidung muß nach Entfernung des engeren Einsatzes bis zum Rande des Mikroskops hervorgezogen werden, um die dort befindlichen blanken Gewindegänge zu verdecken.

Eine andere Sorte Reflexe kann störend auftreten, ehe das Licht das Objektiv trifft. Nimmt man die Einstellung des Flammenbildchens auf der Vorderfläche der Linse mit Hilfe eines weißen Stückchens Papiers vor, so darf nur der kreisrunde Fleck, welcher der Blendenöffnung entspricht, hell erscheinen, andernfalls kann die Fassung Licht auf das Präparat reflektieren und das Bild stören. Daher müssen die Linsen ganz schmal gefaßt, die Fassung mattschwarz sein. Treten sonstige Lichtstreifen, sei es in Kreisform, in Kometengestalt oder dergl. auf, so rühren diese her von Reflexen unterhalb des Kondensors. Eine häufige Quelle hierfür ist der Bügel des Spiegels, der daher unter allen Umständen zu beseitigen ist. Ebenso muß die Innenfläche des Hilfskondensors, die Irisblende und der Rand des Tischausschnittes gut geschwärzt sein, und außerdem darf natür-

lich kein anderes Licht auf das ganze Instrumentarium fallen, als das von der Lichtquelle ausgehende. Während der mikrophotographischen Arbeiten sind alle andern Lichtquellen, sei es das Tageslicht oder Lampenlicht, zu entfernen. Wenn sich nicht das ganze Zimmer verdunkeln läßt, so verdeckt man die auf dem Projektionstisch stehenden Linsen, Blenden und das Mikroskop mit ∩-förmig gebogenen schwarzen Kartons, so daß sie wie in einem Tunnel stehen. Nur vor der Blende bleibt ein kleiner Spalt, um die Exposition bewirken zu können. Statt des Kartons kann man sich auch aus Stoff eine ähnliche Vorrichtung über einem entsprechenden festen Gestell herrichten lassen. Dabei werden die Vorhänge auf einer Seite verschiebbar gemacht, um den Zugang zu den verdeckten Apparaten zu erleichtern.

Schließlich können störende Reflexe durch das Präparat selber erzeugt werden. Namentlich wenn man Stellen in der Nähe des Deckglasrandes aufnimmt, kann durch dessen oder des Objektträgers Kante eine störende Wirkung auf den normalen Strahlengang entstehen, um so eher, je mehr Einschlußmittel, z. B. Kanadabalsam seitlich unter dem Deckglas hervorgequollen ist. Man reinige das Deckglas und umrande es mit schwarzem Mattlack oder schneide sich aus dichtem schwarzen Papier eine abblendende Maske und lege sie unter den Objektträger.

Ganz selbstverständlich, aber oft unterlassen, ist eine peinlich genaue Reinigung der Kondensoren, der Präparate und der Linsen. Trübe Linsen liefern nie klare Bilder und ebensowenig kann ein Objektiv mit beschmutzter Frontlinse (Kanadabalsam!) eine scharfe Zeichnung geben. Im ersten Falle wende man sich an den Lieferanten, im zweiten reinige man die Linse vorsichtig mit Benzin und weichem Leinen oder japanischem Papier.

Erscheint bei sauberen Linsen das Bild gleichsam mit

einem Lichtschleier überflutet, ist die Beleuchtung falsch und zu verbessern.

Nach erreichter gleichmäßiger Beleuchtung wird das Präparat wieder eingesetzt, die abzubildende Stelle in die Mitte der Mattscheibe gebracht, scharf eingestellt und nunmehr das Lichtfilter eingeschaltet. Schließlich ersetzt man die Mattscheibe durch die Spiegelscheibe, stellt mit Hilfe der Einstelllupe endgiltig scharf ein und bewerkstelligt die Aufnahme.

Wie bei allen photographischen Aufnahmen bereitet auch hier bei der Mikrophotographie die **richtige Exposition** große Schwierigkeiten. Genaue Zahlen lassen sich nicht geben, sondern sind durch Versuche zu ermitteln.

Man gewöhne sich bei mikrophotographischen Arbeiten daran, nicht so sehr auf empfindliche **Platten,** als auf absolut schleierfrei arbeitende zu sehen und wähle lieber eine längere Exposition, als Gefahr zu laufen, durch hochempfindliche Platten dünne oder schleierige Negative zu erhalten. Daß bei der Verwendung der grünen Filter orthochromatische Platten unbedingt nötig sind, wurde schon gesagt. Verfasser benutzt in der Regel die Eosinsilberplatten von Perutz.

Hat man größere Präparate zu photographieren, als der Durchmesser des Objekttisches beträgt, muß man ein kleines Hilfsstativ mit Hilfsobjekthalter von Zeiß beziehen oder sich selber herstellen lassen. Die genaue Anordnung der ganzen Beleuchtung ergibt sich aus beifolgender, ohne weiteres klaren Figur 33, in der *A* ein Kühlgefäß mit Wasser darstellt. Notwendig ist es nur bei elektrischem Bogenlicht. *S* ist die erste große Kondensorlinse, S_1 die zweite, *D* die Hilfsblende, *o* der Hilfskondensor am Präparatentisch *M*, *P* Tubus mit Objektiv.

Ganz genau so, wie eben beschrieben wurde, geschehen die Aufnahmen mit den stärkeren achromatischen Ob-

jektiven bis zu 0,85 numerischer Apertur. Als Kondensoren verwendet Verfasser in diesen Fällen gewöhnliche Achromate, die in der bereits besprochenen Weise (S. 60) in den Abbeschen Beleuchtungsapparat eingesetzt werden. Auch hier wird kein Okular benutzt, sondern dieselbe Anordnung gewählt, wie bei den schwächsten Systemen. In Fig. 34 ist ein Photogramm reproduziert, welches mit dem Zeißschen Achromaten *A* aufgenommen wurde, während als Kondensor der Achromat a_3 diente, bei dem in der Autotypie die äußerst feinen Details nicht voll zur Geltung

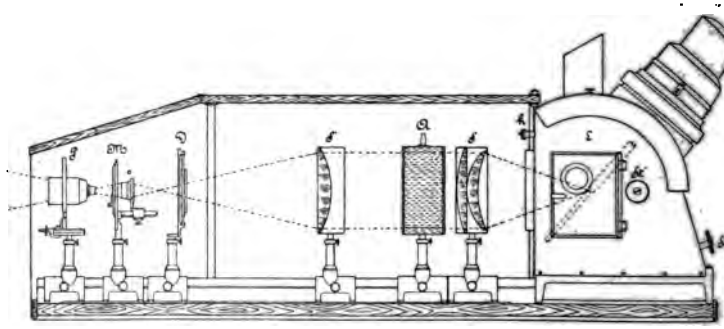


Fig. 33.

kommen. Leider mußte das Original von 12,3 cm Durchmesser erheblich verkleinert werden. Das Gesichtsfeld ist bei dieser Aufnahme größer, als es sich mit einem Apochromaten herstellen läßt. Der nicht ganz scharfe Rand ist absichtlich nicht abgeblendet, um zu zeigen, wie relativ langsam die Schärfe nach dem Rande zu abnimmt. Ein derartiges Bild mit einem Apochromaten herzustellen, dürfte nicht leicht möglich sein. Dazu kommt noch, daß die Schnitte erheblich dicker sind, als oben als Mindestmaß für zulässig erachtet wurde. (Das Präparat stellt einen Celloïdinschnitt von 15 μ durch eine Krebsmetastase des Bauchfelles dar, der mit Hämalaun gefärbt war.) Die größere Fokustiefe der

Achromate gestattet bei schwachen Linsen, Schnitte bis zu beinahe 20 μ aufzunehmen, vorausgesetzt, daß sie sonst tadellos glatt liegen und sehr distinkt gefärbt sind. Es empfiehlt sich daher, dicke Schnitte immer mit möglichst

Fig. 34.

schwachen Achromaten ohne Okular zu photographieren.

Die einzige Abweichung von dem beschriebenen Vorgehen besteht darin, daß das Flammenbildchen des großen Kondensors eine andere Stellung erhält. Die Er-

mittelung der richtigen Stellung des Flammenbildchens geschieht auf folgende Weise: Unmittelbar auf die Hilfsblende wird eine Mattscheibe aufgelegt, das Präparat wie beim gewöhnlichen Mikroskopieren mit Objektiv und Okular scharf eingestellt. Diese Einstellung bei umgelegtem Mikroskop ist unbequem, aber diese Unbequemlichkeit kann und muß durch Übung überwunden werden, weil das Mikroskop stets an Ort und Stelle bleiben soll. Das Hin- und Hertransportieren vor dem Gebrauch erzeugt nachträgliche Verziehungen, während der Exposition Unschärfen. Hat man das Mikroskop von seinem Platze vor der Camera einmal entfernt, so lasse man es zum mindesten $^1/_2$ Stunde unberührt stehen, ehe man zur Aufnahme schreitet. Diese Gefahr verhütet die Einstellung auf einem weißen Karton.

Ist die scharfe Einstellung des Objekts erfolgt, so wird durch Verschieben des Hilfskondensors, also in diesem Falle der in dem Abbeschen Beleuchtungsapparate eingesetzten achromatischen Objektive, auch das Korn der Mattscheibe gleichzeitig scharf eingestellt, die große Irisblende so weit geschlossen, daß etwa nur die Hälfte des Gesichtsfeldes erleuchtet bleibt und durch Benutzung der Stellschrauben am Kondensor der helle Kreis genau in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht. Wenn der Apparat exakt aufgestellt wurde, sind nur geringe Verschiebungen dabei nötig. Bei fehlerhafter Aufstellung kommt man unter Umständen gar nicht zum Resultat und umgekehrt, wenn man die Blende nicht in die Mitte des Gesichtsfeldes bekommen kann, hat man einen sicheren Anhalt dafür, daß die Zentrierung eine sehr mangelhafte ist. Wer das Korn der Mattscheibe schwer zu erkennen vermag, kann sich die Einstellung durch einige Bleistiftstriche auf derselben erleichtern. Das Einschalten der Mattscheibe hat übrigens außerdem den Zweck, die Helligkeit des Lichtes

so zu mindern, daß das Auge nicht geschädigt wird. Bei Zirkonlicht genügt eine Mattglasscheibe in der Regel, bei elektrischem Bogenlicht müssen aber mindestens noch zwei dunkelgrüne Scheiben außer der Mattscheibe eingeschaltet werden, um die Helligkeit für das Auge erträglich zu machen, oder man bedeckt das Okular durch ein dunkelgrünes oder graues Blendglas. Dann wird der Okularstutzen herausgeschraubt und die Einstellung besorgt.

Wer einigermaßen geübt ist, braucht überhaupt nicht ins Mikroskop zu sehen, sondern stellt alles genau wie eben beschrieben, auf der weißen Pappe ein. Man spart dabei viel Zeit und vermeidet das Aus- und Einschrauben des Okularstutzens, Verschieben der Camera, schont Augen und Genick. Zudem ist bei der alten umständlichen Manier doch immer noch eine kleine Korrektion der Stellung der zweiten Kondensorlinse nötig.

Die Apertur hat die richtige Größe, wenn die Blende mit scharfen, nicht von diffusem Lichte überfluteten Rändern erscheint und die Randunschärfen des Bildes verdeckt. Je nach dem benutzten Hilfskondensor und je nach dem Objektiv schwankt die Lage des Flammenbildchens vor dem **Hilfskondensor** zwischen 4 und 10 cm.

Es wurde bisher noch nicht gesagt, wo nun eigentlich die Spitze des von dem Hilfskondensor gelieferten Beleuchtungskegels liegt. Verfährt man, wie angegeben, und stellt die Hilfsblende in der Ebene des Objekts scharf ein, während das Flammenbildchen nach dem Hilfskondensor zu vor der Blende liegt, so entwirft der letztere ein Flammenbildchen, welches je nach der Beschaffenheit des verwendeten Objektivs innerhalb seiner Linse, event. sogar hinter seinen Linsen liegt. Wissenschaftlich ausgedrückt entspricht diese Stelle der „Austrittspupille“ des Objektivs. Da aber in Vorstehendem aus den gesagten Gründen von einer detaillierteren Besprechung der theoretischen Mikroskopie abge-

sehen wird, mache man sich weiter keine Sorge, wo bei den einzelnen Objektiven diese Austrittspupille liegt. Wer seine Beleuchtung nach den gegebenen Vorschriften reguliert, wird die Spitze des Lichtkegels ganz von selbst an die richtige Stelle bringen.

In weitaus den meisten Veröffentlichungen über Mikrophotographie wird gelehrt, daß das Flammenbildchen des Hilfskondensors in der Ebene des Objekts liegen soll. Wer den Gang der hier gegebenen Darstellung von Beginn an verfolgt hat, wird nicht leicht einsehen können, warum der Beleuchtungskegel seine Spitze in der Ebene des Objekts haben soll, und es liegt durchaus kein Grund vor, von den allgemeinen Grundsätzen der Vergrößerung abzugehen. Als Vorteil der Projektion der Lichtquelle in die Objektebene wird angegeben, daß die Helligkeit eine sehr gleichmäßige und die intensivste, welche überhaupt möglich ist, wäre. Die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung ist dann aber abhängig von der Gleichmäßigkeit der Lichtquelle. Nur wenn ein so großes Stück der Lichtquelle absolut gleich hell ist, als nötig ist, um das Gesichtsfeld des jeweils verwendeten Objektivs auszufüllen, wird die Beleuchtung gleichmäßig. Derartige Lichtquellen gibt es kaum. Nur wenn man die Kohlen einer elektrischen Bogenlampe durch den großen Kondensor auf eine Milchglasscheibe, welche auf der Hilfsblende angebracht ist, nicht ganz scharf projiziert, gelingt es, für stärkere Objektive eine gleichmäßige Beleuchtung zu erreichen. Ebenso müßte man auch bei allen anderen Lichtquellen eine Mattscheibe einschalten. Man denke sich z. B. nach diesem Prinzipe den glühenden Strumpf einer Auerschen Lampe in die Ebene des Objektes projiziert, so wird man selbstverständlich neben dem Objekt auf dem Bilde auch den Glühstrumpf scharf und deutlich sehen. Daß das kein brauchbares Bild ergibt, ist selbstverständlich. Die Vertreter dieser Theorie schreiben dann

vor, den Kondensor so weit zu verstellen, bis die Einzelheiten der Lichtquelle, also in diesem Falle die Maschen des Glühstrumpfes, nicht mehr scharf erscheinen. Tut man das, so liegt eben die Spitze des Beleuchtungskegels nicht im Präparat, sondern entweder unterhalb oder oberhalb. Die Stellung unterhalb ist wegen der Schwierigkeit, die Apertur zu regulieren, ungünstig, und liegt sie oberhalb des Präparates, so kommt sie den in der vorliegenden Darstellung gegebenen Bedingungen nahe. Es dürfte daher zweckmäßig sein, überhaupt den Satz: scharfe Projektion der Lichtquelle in die Objektebene, nicht auszusprechen, weil er in Wahrheit im strengen Sinne kaum durchführbar ist und auch nie ausgeführt wird. Da die stärkeren Objektive alle einen sehr kurzen Fokalabstand haben, so ist eine kleine Verschiebung des Kondensors schon vollständig hinreichend, um die Spitze des Beleuchtungskegels in die Linse des Objektivs zu dirigieren. Für den Anfänger ist diese Beleuchtungsart die Quelle vieler Mißerfolge, und für ihn ist es am weitaus zweckmäßigsten, rein empirisch nach den gegebenen Vorschriften zu arbeiten.

Die **stärkeren Trockensysteme und die Immersionen** erfordern zum bequemen Arbeiten den bereits erwähnten achromatischen Kondensor zur Beleuchtung. Benutzt man Objektive als Kondensoren, lassen sich die Aperturen nicht fein genug abstimmen. Außerdem wird aber die Brennweite der nötigen Objektive schließlich so kurz, daß man den Lichtkegel nicht mehr durch das Präparat hindurch an die richtige Stelle zu dirigieren vermag, ohne ihn gleichzeitig sehr zu verkleinern und die Lichtstärke sehr zu beeinträchtigen. Namentlich bei **starken Trockensystemen** muß die Anpassung der Kondensorapertur an die des Objektivs mit großer Sorgfalt vorgenommen werden, weil sonst das Bild nie kontrastreich wird, sondern wie mit einem hellen Schleier bedeckt

erscheint. Das richtig auf der Mattscheibe zu beurteilen, fällt erfahrungsgemäß dem Anfänger sehr schwer, und ist nur durch ein sehr aufmerksames und ausdauerndes Studium zu erlernen. Am schnellsten führt eine praktische Unterweisung zum Ziele. Jedenfalls mache man es sich zur Regel, nicht eher die Aufnahme vorzunehmen, als bis das Bild auf der Mattscheibe durchaus tadellos erscheint. Gelingt das nicht, lasse man ab und versuche zu glücklicherer Stunde von neuem.

Die Verwendung des achromatischen Kondensors geschieht ganz in der gleichen Weise, wie die der gewöhnlichen Trockensysteme. Er bleibt auch für schwächere Objektive bis zu etwa 12 mm äquivalenter Brennweite brauchbar. Bei noch längeren Brennweiten reicht er nicht mehr aus und hier kann er die gewöhnlichen Achromate, Brillengläser oder Lupen als Kondensoren nicht ersetzen. Das Flammenbildchen des großen Kondensors wird vor dem Hilfskondensor in einer Entfernung von 2—10 cm entworfen, und zwar um so näher an dem Kondensor, je schwächer das verwendete Objektiv ist. Für die Praxis kann man sagen, daß bei Objektiven von 12 mm Brennweite der nach Bildung des Flammenbildchens divergierende Lichtkegel des großen Kondensors etwa $^1/_3$ der unteren Linse des achromatischen Kondensors ausfüllen soll, bei 8 mm Brennweite etwas mehr, ca. die Hälfte, bei Trockensystemen von 4—3 mm etwa $^3/_4$ und bei der homogenen Immersion die ganze freie Öffnung. Die genauere Regulierung der Apertur erfolgt durch die Irisblende des Kondensors.

Der achromatische Hilfskondensor wird nun folgendermaßen gehandhabt: Man projiziert zuerst wiederum nicht das vor ihm entworfene Flammenbild, sondern die Hilfsblende scharf und genau zentrisch in die Objektebene, oder auf die weiße Pappe, und schließt die Blende so weit, daß nur noch

die Hälfte des Gesichtsfeldes hell erleuchtet ist. Mehr zu beleuchten hat keinen Zweck, weil die Linse nicht mehr scharf abzubilden vermag und jede unnütze Beleuchtung nur Schaden bringen kann. Mit der Regulierung der Apertur hat diese Gesichtsfeldbegrenzung nichts zu tun. Nun kontrolliert man **die Apertur** dadurch, daß man nach Entfernung des Okulars von obenher in den Mikroskoptubus hineinsieht. Man sieht dann den Durchmesser der Linse und den mehr oder weniger großen, hell erleuchteten Teil, welcher der verwendeten Apertur entspricht. Man muß bei diesem Hineinsehen in das Mikroskop ungefähr so weit von der oberen Tubusöffnung mit dem Auge entfernt sein, als der normalen Sehweite entspricht. Hat man die Hilfsblende des Kondensors in der angegebenen Größe scharf in der Objektebene eingestellt und schließt nun während der Okularbetrachtung die Irisblende des achromatischen Kondensors nahezu vollständig und öffnet sie wieder langsam, so tritt bei einer gewissen Öffnung ein Überfluten des Lichtes auf den unbeleuchteten Teil ein. Beim Schließen vermindert sich dieses Nebenlicht wieder. Die weiteste Stellung, bei der die Öffnung der Hilfsblende scharf und der unbelichtete Teil schwarz erscheint, entspricht der nötigen Apertur ziemlich genau.

Die angegebenen Handgriffe und Einstellungen lesen sich in der Beschreibung etwas leichter, als sie sich in Wirklichkeit für den Anfänger ausführen lassen. Aber mit Ausdauer lernt man die Sache bald, namentlich, wenn man sie sich durch einen geübten Mikrophotographen einmal hat genau zeigen lassen.

Bisher war nur die Rede von der Verwendung von achromatischen Objektiven ohne Okular. Wie früher gesagt, lassen sich mit den modernen Achromaten auf diese Weise vollständig tadellose Mikrophotogramme anfertigen. Namentlich für die Gebiete der Histologie kommt man

damit aus. Zur Erzielung stärkerer Vergrößerungen sind etwas längere Cameraauszüge notwendig, als vielen zu Gebote stehen. Um daher mit kurzen Cameraauszügen auszukommen, projiziert man nicht das Bild direkt, sondern mit Hilfe des **Okulars.** Die theoretische Grundlage wurde schon auf S. 48 gegeben. Die Beleuchtung des Präparates geschieht auf dieselbe Weise, wie bisher, die Einstellung des Präparates wird in gewöhnlicher Weise mit dem Okular vorgenommen. Dann wird die Frontlinse des Okulars so weit herausgezogen, daß die Blende scharf auf der Mattscheibe erscheint. Da die gewöhnlichen Okulare nur eine einfache Frontlinse besitzen, so sind die erhaltenen Bilder nicht frei von Farbenabweichung. Durch Einschaltung eines Grünfilters läßt sie sich einigermaßen beseitigen. Um die übrigen Linsenfehler nach Möglichkeit zu heben, ist es sehr erwünscht, vor dem Okular eine Blende anzubringen. Dadurch wird das Bildfeld verkleinert, und man muß sie daher so weit wählen, daß sie nichts von dem beleuchteten Teile des Gesichtsfeldes abblendet. Ohne Filter zeigt die Blende meist einen deutlichen Farbensaum. Die Vergrößerung, welche das Objektivbild erfährt, hängt von der Stärke der Okularlinse ab. Es empfiehlt sich, nur schwächere Okulare zur Projektion zu verwenden. Im allgemeinen kann man sagen, daß man auf die angedeutete Weise nicht so gute Bilder bekommt, wie ohne Okular. Schließlich kann unter Umständen, wie schon gesagt, auch ohne Verstellung der Frontlinse mit Hilfe des Okulars ein brauchbares Bild zustande kommen, wenn der Cameraauszug kurz ist. Während die Methode ohne Okular bei allen guten Linsen ganz sicher zu einem guten Bilde führt, die mit verschobener Okularlinse ziemlich sicher, so ist bei dieser letztgenannten für den Erfolg nicht zu garantieren. Es bleibt nichts übrig, als so lange mit der Beleuchtung und der Wahl des nötigen Cameraauszuges zu probieren, bis das Bild genügt. In der

gleichen Reihenfolge, wie die Sicherheit und Schnelligkeit des Arbeitens bei diesen drei Möglichkeiten abnimmt, nimmt auch die Größe des Gesichtsfeldes ab.

Es bleibt nun noch die Besprechung der **Photographie mit den Apochromaten** übrig. Verfasser hat nur Erfahrung mit den Zeißschen Apochromaten, während ihm die unter diesem Namen verkauften Produkte anderer Firmen leider nicht zu Gebote gestanden haben. Von den Zeißschen Apochromaten ist am wenigsten für die Photographie brauchbar der mit 16 mm äquivalenter Brennweite, der ein ungewöhnlich stark gewölbtes Gesichtsfeld hat. Der Hauptfehler der Apochromaten ist, daß infolge der starken Wölbung des Gesichtsfeldes für die Photographie nur ein sehr kleiner Teil des Bildfeldes brauchbar wird. Ferner sind die Apochromate mit einer solchen Genauigkeit berechnet und konstruiert, daß schon kleine Unvorsichtigkeiten die Wirkung dieser Objektive wesentlich beeinträchtigen. Hierhin gehört die Abweichung von der vorgeschriebenen Tubuslänge, zu dicke Deckgläser und mangelhafte Regulierung der Apertur des Beleuchtungsapparates. Es ist daher auf diese Punkte bei Benutzung der Apochromate ganz besonders zu achten. Wer einen Revolver oder Objektivschlitten zum Wechseln der Objektive am Mikroskop benutzt, muß von der Tubuslänge die Dicke dieser Apparate abziehen. Sie beträgt ungefähr 12—15 mm, eine Größe, welche mehr wie hinreicht, um den Vorzügen der Apochromate erheblich Abbruch zu tun. Das Gleiche gilt von den 4 mm-Apochromaten mit Korrektionsfassung. Die Korrektion für die Deckglasdicke ist mit peinlichster Genauigkeit vorzunehmen (vergl. S. 53). Ferner erfordern die Apochromate unbedingt die Benutzung des Okulars, weil sie für sich allein keineswegs ihrem Namen entsprechen, sondern es ist dem Okular ein beträchtlicher Teil der Korrektion zugewiesen.

Wiederum lassen sich nach denselben Methoden, wie bei den Achromaten mit Filter und kurzem Cameraauszuge brauchbare Bilder herstellen unter Verwendung der gewöhnlichen Kompensationsokulare, namentlich der stärkeren (12) ohne Verschiebung der Frontlinse. Besser ist die Benutzung der auf S. 52 besprochenen **Projektionsokulare,** und zwar von den durch Zeiß hergestellten lieber Projektionsokular 2 als 4. Das Verfahren selber besteht wiederum in Regulierung der Apertur des Kondensors, scharfer Einstellung des Präparates bei Benutzung der gewöhnlichen Kompensationsokulare genau in der bei den starken Achromaten beschriebenen Weise. Nun wird das Kompensationsokular durch das Projektionsokular ersetzt und durch Heraus- und Hineinschrauben der Frontlinse die Blende des Okulars auf der Mattscheibe scharf eingestellt. Gleichzeitig erscheint bei diesen Objektiven und Okularen die Blende auch farblos. Ist sie scharf, wird mit Hilfe der Mikrometerschraube auch das Präparat so scharf wie irgend möglich eingestellt, dann die Einstellung auf der Spiegelscheibe mit Hilfe der Lupe kontrolliert und zur Aufnahme geschritten.

Die Apochromate gebrauchen, streng genommen, kein Lichtfilter, da sie ja vollständig chromatisch korrigiert sind. Daß man dennoch Filter verwendet, hat eben seinen Grund in der auf S. 74 besprochenen Färbung der Präparate. Während man bei der Okularbetrachtung Bakterien bei voller Öffnung des Kondensors beobachten kann, muß man sie bei der Photographie so weit reduzieren als irgend möglich. Bei zu engen Beleuchtungskegeln treten am Rande der einzelnen Organismen abwechselnd helle und dunkle Säume auf, welche **Beugungserscheinungen** darstellen. Diese Diffraktionsränder werden am besten vermieden, wenn man nur gut gefärbte Präparate verwendet unter Einschaltung eines grünen oder gelben

Filters. Bei schwachen Tinktionen verführt das Streben nach möglichst guten Kontrasten fast immer zur Benutzung zu kleiner Aperturen, ohne daß die beabsichtigte Wirkung eintritt. In solchen Fällen hilft man sich auf andere Weise. Man exponiert die Aufnahme möglichst richtig,

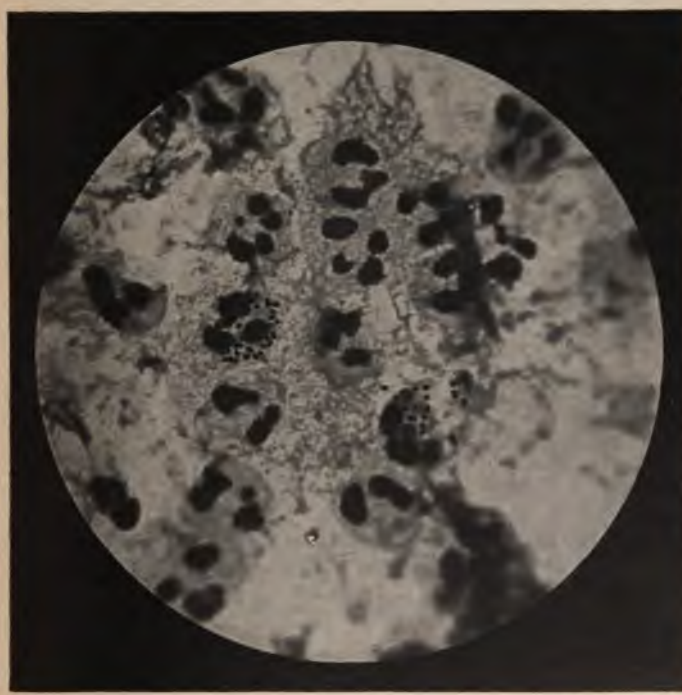


Fig. 35.

entwickelt sie aber nicht aus, sondern nur so lange, bis die Bakterien, oder um was es sich sonst handelt, auf dem leicht angedeuteten Untergrunde ganz klar erscheinen. Dann bricht man die Entwickelung ab, fixiert und wäscht. Derartige Negative sind oft so dünn, daß sich keine brauch-

baren Kopien herstellen lassen. Werden sie aber mit Urannitrat ausgiebig verstärkt, so erhält man Kopien, welche den nach normalen Negativen angefertigten vollständig gleichwertig sind. Auf diese Weise wurde die beigegebene Gonokokkenaufnahme (Fig. 35) hergestellt, welche nach einem mit Löfflerschem Methylenblau schwach gefärbten Präparate aufgenommen wurde. Sie zeigt auch deutlich, wie klein das scharfe Bildfeld der Apochromate ist.

In der gleichen Weise wird bei der Aufnahme frischer, ungefärbter Präparate vorgegangen, wenn ihre Kontraste nur sehr minimale sind. Ein Beispiel einer derartigen Aufnahme ist die in Fig. 36 dargestellte Fettembolie der Lungengefäße. Sind die Konstraste nicht gar zu schwach, so sucht man sie durch verkürzte Exposition und harte Entwickelung im Bilde zur Geltung zu bringen.

Über die **Expositionszeiten** lassen sich nur sehr schwer Angaben machen, wie schon wiederholt angedeutet wurde. Die Gonokokkenaufnahme wurde unter Zuhilfenahme des S. 72 beschriebenen Filters bei Zirkonlicht und Projektionsokular IV 35 Sekunden belichtet. Bei der Verwendung von Zettnowschen Filtern ist eine etwas längere Expositionszeit nötig. Bei Lampenlicht kann sich die Exposition bei starken Vergrößerungen auf 5—10 Minuten und länger ausdehnen.

Lange Expositionszeiten setzen einen ruhigen Stand des Apparates und eine ruhig brennende Lichtquelle voraus. Während der Exposition vermeide man alles Herumgehen im Zimmer und jede Berührung der mit dem Mikroskop in Verbindung stehenden Teile. Nach dem Einsetzen und Aufziehen der Kassette warte man etwa eine Minute ab, bis der Apparat wieder vollständig ruhig steht und exponiere erst dann.

Die Exposition geschieht einfach dadurch, daß die Öffnung der Hilfsblende verdeckt und schnell freigegeben wird. Dazu dient am einfachsten ein Stück schwarzes Pa-

pier, welches an einem Ende quer geknickt wird, so daß man es auf die Blende aufsetzen kann. Nach vollendeter Exposition wird erst wieder die Blendenöffnung verdeckt und dann die Kassette geschlossen.

Fig. 36.

Bisher ist nur die Verwendung künstlicher Lichtquellen besprochen. Wo sie zu haben ist, kann auch die **Sonne als Lichtquelle** dienen, jedoch erfordert ihre Benutzung einige Hilfsinstrumente. Bekanntlich ändert die Sonne fortwährend ihren scheinbaren Ort am Himmel, und es würde daher das Bild der Sonne im Objektiv sich auch fortwährend ändern, wenn nicht dafür Sorge getragen würde, daß die

Bewegung der Sonne durch mechanische Hilfsmittel kompensiert würde. Das Sonnenlicht wird durch Spiegel auf den Hilfskondensor geworfen, der große Kondensor wird dabei ausgeschaltet. Die Sonne füllt nur für starke Trockensysteme und Immersionen ein hinreichend großes Bildfeld aus. Für schwächere Linsen wird nicht die Sonne direkt, sondern eine mit Sonnenlicht beleuchtete, auf die Hilfsblende gelegte Mattscheibe benutzt. Um dabei größere Helligkeit zu bekommen, wird das vom Spiegel kommende Lichtbüschel durch die zweite große Kondensorlinse unscharf auf die matte Scheibe in hinreichender Größe projiziert.

Zur Kompensierung der Sonnenbewegung dienen die sogenannten **Heliostaten.** Die Heliostaten sind parallaktisch aufgestellte Spiegel, welche durch ein Uhrwerk, das auf den Sonnengang einreguliert ist, der Bewegung der Sonne folgen. Ein solches Instrument von Fueß ist in Fig. 37 abgebildet. Die gute und richtige Aufstellung eines solchen Instrumentes ist nicht ganz leicht. Der Bügel D_1 muß genau in der Richtung des Meridians stehen. Die auf ihm angebrachte Teilung dient zur Einstellung der Polhöhe des Beobachtungsortes. Beide Daten lassen sich aus den Generalstabskarten mit hinreichender Genauigkeit ermitteln. An dem Kreisbogen D wird die Sonnenhöhe, ihre Deklination, an Kreis n die Sonnenzeit, Rektaszension, eingestellt. Die hierzu nötigen Angaben entnimmt man einem Kalender oder einem astronomischen Tabellenwerk (Nautical Almanach, Berliner astronomisches Jahrbuch u. s. w.). Durch den beweglichen Bügel B läßt sich der reflektierte Sonnenstrahl nach dem Mikroskop dirigieren. Der Spiegel des Heliostaten muß auf der Oberfläche versilbert sein, weil sonst mehrfache Reflexionen und mehrere Sonnenbilder durch den Kondensor entstehen. Gewöhnlich lenkt man das Sonnenlicht nicht direkt zum Kondensor des Mikro-

skops, sondern auf einen Hilfsspiegel. Auf diese Weise vermeidet man die häufig unmögliche Aufstellung des ganzen Apparates in der Richtung des Meridians. Die Achse des mikrophotographischen Apparates kann auf diese Weise einen beliebigen Winkel mit der Richtung des reflektierten Strahlenbüschels bilden. Auf die genauere Beschreibung braucht hier nicht eingegangen zu werden, denn in unsern

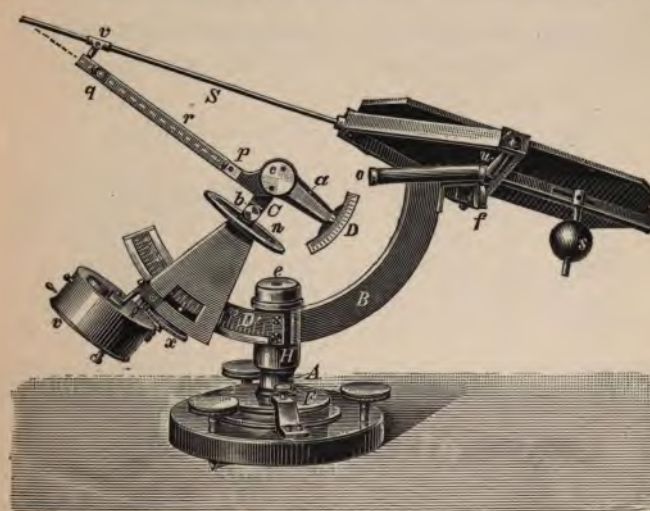


Fig. 37.

Breiten empfiehlt es sich wirklich nicht, die Sonne als Lichtquelle zu benutzen. Früher war dies nötig, um einige besonders schwierige Diatomeen, insbesondere die Amphipleura pellucida und ähnliche aufzulösen. Heutzutage gelingt das mit elektrischem Bogenlicht ebenso leicht, ja sogar unter Benutzung passender Lichtfilter zur Not auch mit Zirkonlicht. Derartige Aufnahmen liegen jedoch außerhalb des Rahmens des vorliegenden Buches, weil sie Kunststückchen mikrophotographischer Virtuosen sind, und es sei

daher für diese Fälle auf die Publikationen von Neuhauß, Zettnow u. a. verwiesen.

Da nun selbst von den kleinen Teilen des erleuchteten Bildfeldes noch nicht alles auf der Mattscheibe brauchbar erscheint, so blendet man den nicht scharfen Teil des auf der Mattscheibe befindlichen Bildes durch kreisrund ausgeschnittene, unmittelbar vor die Platte gesetzte Scheiben ab. Diese Blenden haben außerdem noch den Zweck, das Bild zu begrenzen. Es sieht sehr unschön aus, wenn ein Mikro-

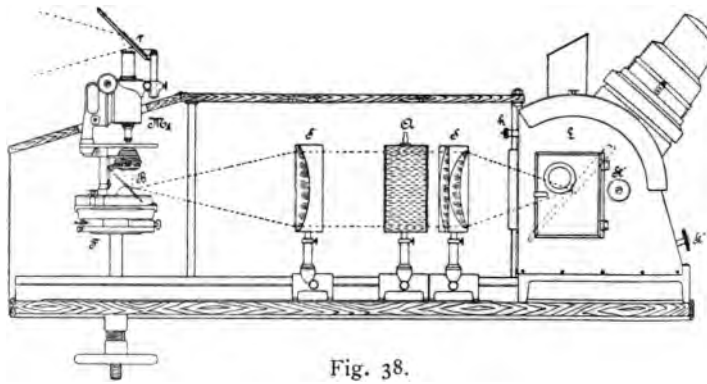


Fig. 38.

photogramm nicht rund konturiert ist, jedoch ist das ein rein ästhetischer Wunsch.

Wie mit dem Zeißschen Instrumentarium Aufnahmen flüssiger Gegenstände erfolgen, zeigt die für sich sprechende schematische Zeichnung Fig. 38. Lampe und großer Kondensor bleiben in ihrer gewöhnlichen Stellung. Das Mikroskop wird aufrecht gestellt und durch das Differentialgetriebe des Mikroskopuntersatzes so hoch gekurbelt, daß der Beleuchtungskegel einen zwischen den Hufeisenfuß des Mikroskopes gestellten Planspiegel *B* trifft. Hilfskondensor und Objektiv werden ebenso verwendet, wie bei horizontalen Auf-

nahmen. Auf den Tubus wird bei Aufnahme ohne Okular ein totalreflektierender, oberflächen-versilberter Spiegel durch einen Klemmhalter aufgesetzt, bei Aufnahmen mit Okular ein besonders gefaßtes totalreflektierendes Prisma. Spiegel und Prisma sind mit passenden, in der Zeichnung weggelassenen Fassungen versehen, die Seitenlicht abhalten und gleichzeitig in den Lichtabschluß der Camera passen. Die Camera selbst wird so hoch gekurbelt, daß der Anschluß erreicht wird. Bei dieser Anordnung ist eine ganz besondere Sorgfalt nötig, um störende Reflexe zu vermeiden. Insonderheit

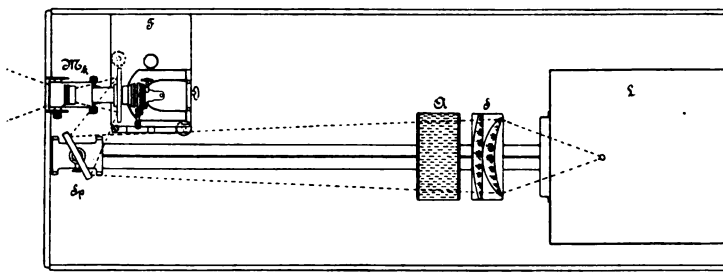


Fig. 39.

erfordern auch die sehr empfindlichen Silberspiegel große Vorsicht und sind bei Verletzungen neu zu versilbern. Fig. 39 endlich zeigt die Anordnung bei Aufnahme von undurchsichtigen Gegenständen mit auffallendem Licht. *Sp* ist ein Spiegel, das Mikroskop ist seitlich auf dem Schlitten des Mikroskopträgers verschoben. Natürlich können nur mit schwachen Planaren brauchbare, genügend helle Bilder zu stande kommen.

Es bleibt nun noch übrig, zu besprechen, wie man die **Vergrößerungen der Mikrophotographie** bestimmt. Der einzig sichere Weg ist folgender: An Stelle des Präparates kommt ein sog. **Objektmikrometer,** welches in einer auf

Glas eingeritzten Teilung eines Millimeters in 100 gleiche Teile besteht. Dieses Objektmikrometer wird auf der Mattscheibe scharf eingestellt und zur oberflächlichen Maßbestimmung einfach mit Hilfe eines Maßstabes die Größe eines oder mehrerer Intervalle gemessen. Dann wird durch einfache Division die Vergrößerung gefunden. Zur genaueren Messung wird die Teilung photographiert. Diese Bestimmung der Vergrößerung gibt eine der **genauesten Methoden der Mikrometrie** ab. Zu dem Ende wird die Mikrometerteilung in gewöhnlicher Weise photographiert und auf dem Negativ mit Hilfe eines genauen, auf Glas aufgetragenen Maßstabes, der zweckmäßigerweise in halbe Millimeter geteilt ist, unter einer Lupe genau ausgemessen. Verfasser hat mit dieser Methode in den Jahren 1892 und 1893 einige tausend Messungen an Blutkörperchen und Säugetiereiern angestellt und dabei Resultate erhalten, welche an Genauigkeit die gewöhnlichen Messungen der Mikroskopie nicht nur erreichen, sondern seiner Ansicht nach weit übertreffen (Virchows Archiv Bd. 133). Wo es auf höchste Genauigkeit ankommt, lasse man zuvor die Intervalle des Objektmikrometers genau untersuchen, weil sie nicht absolut gleich sind. Bei größeren Messungsreihen wird das Objektmikrometer wiederholt, zu Anfang, in der Mitte und am Ende der Aufnahmen photographiert. Es ist darauf zu achten, daß die Objektträgerdicke der zu messenden Präparate dieselbe ist, wie die des Objektmikrometers. Versäumt man diese Vorsicht, so kann man zu merkbaren Abweichungen kommen. Daß sich die Vergrößerung bei einer größeren Anzahl von Aufnahmen in der Zwischenzeit ändern kann, hat Verfasser gelegentlich eines Versuches festgestellt. Während einer Versuchsdauer von 3 Stunden, wo die Temperatur des Arbeitszimmers allmählich von 12 auf 20 Grad R. gesteigert wurde, wuchs die Vergrößerung von 248,36 auf 250,00 unter sonst gleichen Bedingungen an. Werden z. B.

auf dem angeführten Objektmikrometer die ersten 50 Intervalle photographiert mit Apochromat 8 mm, Projektionsokular 4 mit einem Camera-Auszug von 75 cm, so ergab sich der Wert dieser Intervalle auf der Platte gleich 12,4 mm. Ihr wahrer Wert betrug 49,9 μ. Die Vergrößerung betrug also 248,48. Für ganz exakte Messungen müssen mehrere Intervalle photographiert, ebenfalls die Vergrößerung berechnet und dann aus den sich ergebenden Vergrößerungen die Mittel genommen werden. Der mittlere Fehler bei derartigen Bestimmungen betrug $\pm 0{,}03\ \mu$ bei einer Vergrößerung von 248,44 im Mittel. Für die gewöhnlichen Bedürfnisse genügt eine einmalige Aufnahme des Mikrometers unter denselben Bedingungen, unter denen auch das Präparat aufgenommen wurde.

In den vorstehenden Zeilen sind die wichtigsten Verhältnisse, die bei den Anfertigungen von Mikrophotogrammen in Betracht kommen, besprochen und auch gelegentlich darauf hingewiesen, wie für die einzelnen nötigen Instrumente ein Ersatz zu schaffen ist. Das Streben nach Vereinfachung des Instrumentariums veranlaßt namentlich den Anfänger, seinen Erfindungsgeist zu versuchen und neue Apparate zu konstruieren. Wer dazu die Neigung verspürt, lese zunächst das Lehrbuch der Mikrophotographie von Neuhauß, der eine geschichtliche Entwicklung der Mikrophotographie giebt, recht gründlich. Er wird dann erkennen, daß alle seine Ideen schon längst ausgeführt, aber wieder verlassen sind, weil sie sich nicht bewährten. Wer genügendes mechanisches Geschick und Zeit genug hat, kann allerdings mit einfachen Instrumenten und vereinfachten Hilfsmitteln auskommen. Zunächst kann man den großen Kondensor sparen, indem man etwa einen vorhandenen Projektionsapparat vor das Mikroskop stellt. Stellt man die Lichtquelle, z. B. eine ganz gewöhnliche Petroleumlampe, ca. 30—50 cm vor das Mikroskop, so kann man sie auch

durch die verschiedenen Hilfskondensoren direkt in das Objektiv projizieren. Die Expositionszeit nimmt dann natürlich erheblich zu. Ja, man kann sogar mit gewöhnlichem Tageslichte ganz in derselben Weise Aufnahmen machen, wie man mikroskopiert, wenn man nur durch Schirme oder Schutzhülsen dafür Sorge trägt, daß außer dem durch den Kondensor von unten her gelieferten Lichte kein anderes auf das Präparat gelangt. Auf diese Weise ist der in Fig. 40 abgebildete Schneekristall aufgenommen, wo nicht einmal ein Kondensor, sondern nur der gewöhnliche Hohlspiegel zur Beleuchtung diente. Bei diesem Objekte mußte der ganze Aufnahmeapparat ins Freie gebracht werden, damit die Schneeflocken nicht schmolzen. Als Camera diente eine Reisecamera, welche auf zwei Stühlen ihren Platz gefunden hatte, wie es oben beschrieben ist. Noch mehr dürfte sich das Instrumentarium wohl nicht vereinfachen lassen. Wer die vorstehenden Erörterungen gründlich verstanden und im Gedächtnis hat, wer das Prinzip der Sache kennt, wird gegebenenfalls mit den einfachsten Hilfsmitteln auskommen. Wer dagegen für jede einzelne Operation eine ganz genaue

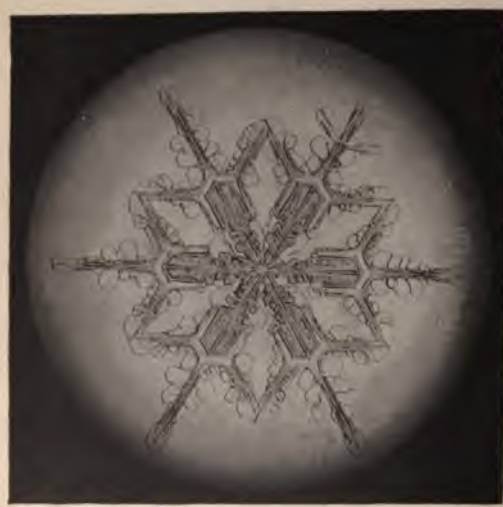


Fig. 40.

Vorschrift, für jede Stellung der Linsen eine genaue Maßangabe, kurz, ein starres Schema braucht, wird es nicht weit bringen. Wissenschaftliche Photographie ist eben kein Handwerk, sondern eine der Beschäftigungen, die eigene Überlegung, eigenes Suchen und ausdauernde Arbeit erfordern.

Es sind nun noch einige Spezialfälle zu besprechen, einmal die Aufnahme mit Hilfe des Mikrospektroskopes, dann die Verwendung des polarisierten Lichtes und die Anfertigung von Stereoskopbildern mit dem Mikroskop.

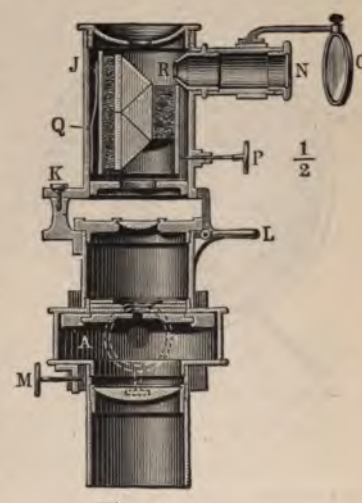


Fig. 41.

Die Aufnahme von Spektren kann auf zwei Weisen geschehen, entweder man entwirft ein Spektrum in der Ebene des Objektes und photographiert dieses Spektrum nach Analogie eines Präparates, oder man zerlegt das Licht erst spektroskopisch, nachdem das Bild des Objektes bereits erzeugt ist. In der Regel ist dieser letztere der bequemere Weg. Zu dem Ende verwendet man eins nach Art der in Figur 41 abgebildeten Abbe-Zeißschen **Mikrospektroskope.** Dieses Instrument besteht aus einem Huyghens-Okular, bei dem in der Ebene der Blende die Spaltmechanik (vgl. Fig. 42, S. 114) angebracht ist. Das Prisma ist oberhalb der Augenlinse befestigt und besteht in der beigegebenen Figur aus einem dreiteiligen Prisma mit gerader Durchsicht. Seitlich ist noch ein Rohr *RN* angebracht, welches bei *N* eine Skala, am besten eine Wellenlängenskala, trägt, die durch den Spiegel *O* beleuchtet, auf die vordere Seite des Prismas

durch die Linse *R* geworfen und von da ins Auge reflektiert wird. Man verwendet dies Spektroskop am einfachsten nach Analogie der Photographie mit gewöhnlichen Achromaten und gewöhnlichem Huyghens'schen Okular. Es muß also die eigentliche Okularlinse so weit herausgezogen werden, daß der Spalt durch sie auf die Mattscheibe scharf projiziert wird. Darauf sind nun die gewöhnlichen Mikrospektroskope nicht eingerichtet, und man muß daher den Arm bei *K* und entsprechend den Klemmhebel *L* verlängern lassen.

Fig. 42.

Die spektroskopische Aufnahme körperlicher Objekte führt nun nicht zu einem guten Resultate, weil durch die Struktur des Objektes im Spektrum zahllose Längslinien entstehen. Will man z. B. das Spektrum vom Blut aufnehmen, so ist es besser, den Blutfarbstoff durch Zusatz von Wasser zu lösen, als die Blutkörperchen direkt auf die Mattscheibe zu projizieren und das Licht zu zerlegen, oder das Präparat etwas unscharf einzustellen. Auf diese Weise erhält man eher gute Bilder.

Das Verfahren selbst ist einfach. Zunächst wird das Prisma zur Seite geklappt und die Okularlinse so weit verschoben, daß der Spalt auf der Mattscheibe scharf erscheint. Ist das der Fall, so wird das Prisma vorgeklappt, durch den Hebel *L* in seiner zentrischen Lage festgehalten und dann die Aufnahme bewirkt. Soll gleichzeitig die Vergleichsskala mit photographiert werden, was bei Benutzung der gewöhnlichen künstlichen Lichtquellen den einzigen Anhaltspunkt für die Lage etwaiger Absorptions-

streifen gibt, so muß auch das Skalenrohr so lange verschoben werden, bis die Teilung scharf auf der Mattscheibe erscheint. Bei dem Zeißschen Instrument ist es bei dieser Verstellung nötig, die kleine Schraube, welche zur Führung und zum Festklemmen des Rohres dient, zu ent-

Fig. 43.

Fig. 44.

fernen, weil der Führungsschlitz für die nötige Verschiebung nicht ausreicht. Die Verbindung des Spektroskopes mit der Camera muß ebenso wie die Verdeckung des zwischen Okularlinse und Prismengehäuse verbleibenden Spaltes durch einen Tuchärmel geschehen. Die in Fig. 43 u. 44

beigegebenen Spektren sind auf diese einfache Weise gewonnen und stellen ein gewöhnliches kontinuierliches Spektrum auf orthochromatischer Perutzplatte und das Absorptionsspektrum des Blutes dar. Die Fraunhoferschen Linien können durch ein derartiges Instrument nie ganz scharf werden. Zur Beleuchtung des Skalenspiegels ist in der Regel eine besondere Lichtquelle und eine kürzere

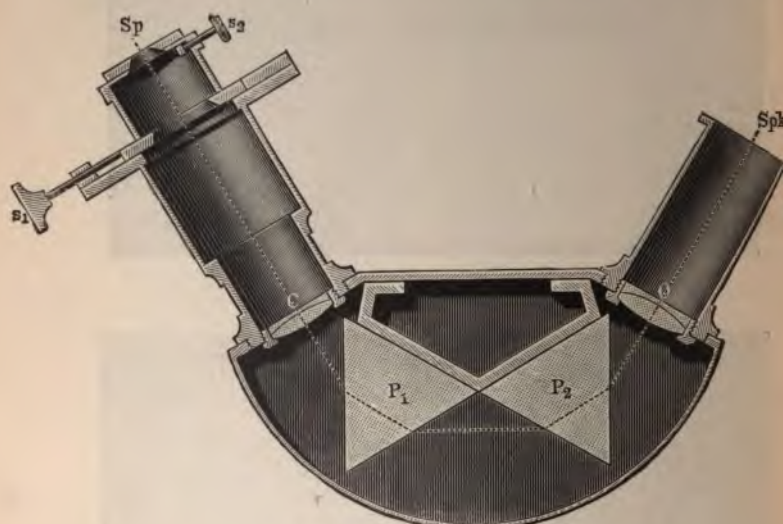


Fig. 45.

Exposition erforderlich. Die Spektren Fig. 43 und 44 sind je 2 Minuten, die Skala 20 Sekunden belichtet.

Fig. 45 stellt ein Spektroskop nach Hartnack dar, welches dazu dienen soll, ein Spektrum in der Ebene des Präparates selber zu entwerfen. Dieses Instrument wird mit Hilfe eines besonderen Zentrierkopfes in den Träger des Beleuchtungsapparates eingesetzt. Durch den Spalt *Sp* fällt das Licht auf die Linse *C*, wird durch diese

Linse parallel gemacht, passiert dann die Prismen P_1 und P_2 und tritt bei O wieder aus. Die Linse O entwirft ein scharfes Bild in der Ebene des Objektes. Durch die Schraube s_1 läßt sich das Spektrum allmählich durch das Gesichtsfeld führen, durch s_2 der Spalt enger oder weiter stellen.

In ähnlicher Weise kann auch der **Spektropolarisator** (Fig. 46) verwendet werden. Das Nikolsche Prisma *Po* wird durch Drehung am Hebel *k* zur Seite geklappt. Der Gang der Strahlen ist gerade so, wie bei dem vorigen Instrumente, jedoch dient nicht ein festes Objektiv zur Projektion des Spektrums, sondern die gewöhnlichen Achromate, welche bei *O* auf-

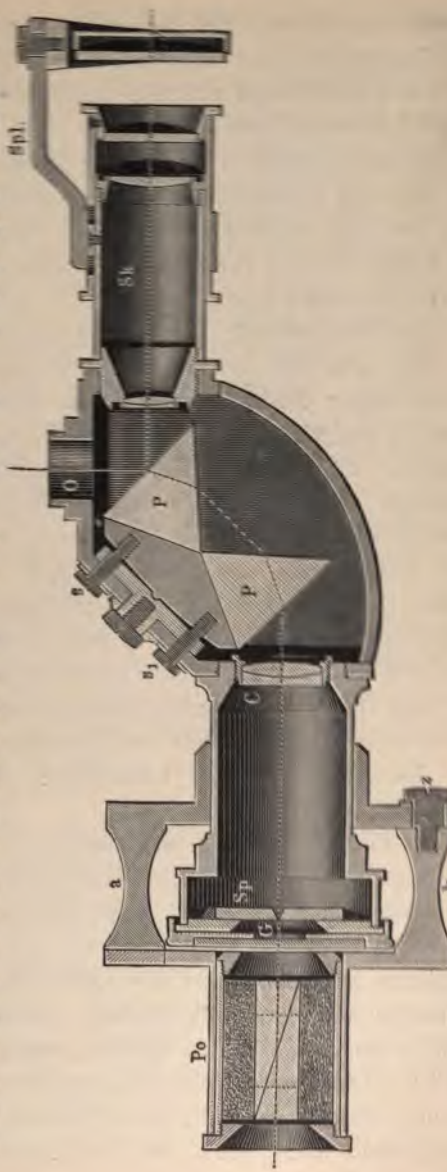


Fig. 46.

geschraubt werden. Bei diesem Instrument ist auch seitlich ein Skalenrohr *Sk* angebracht, welches durch den Spiegel *Spl* Licht erhält und ein Bild der Skala gleichzeitig mit dem Spaltbilde scharf erscheinen läßt. Will man das Instrument als Photo-Spektropolarisator gebrauchen, so wirft man ein Bild der Lichtquelle möglichst scharf auf den Spalt *Sp*, bez. auf die vordere Fläche des Nikolschen Prismas *Po*. Zu allen diesen Arbeiten eignen sich vorzugsweise sehr intensive Lichtquellen.

Die **Justierung** der Mikrospektroskope erfolgt so, daß man die Natriumlinie, am einfachsten durch Glühen einer Sodaperle in einem Bunsenschen Brenner erzeugt, auf dem Teilstrich 0,589 der Wellenlängenskala einstellt. Bei dem in Figur 41 abgebildeten Spektroskop geschieht das durch die Schraube *P*, durch die das Prisma verstellt wird. Beim Spektropolarisator wird diese Einstellung bereits von der Firma besorgt. Sollte sie sich verändert haben, so kann sie korrigiert werden durch Anziehen der Schraube *s* oder s_1 und Lockern der entsprechenden zweiten Schraube. Mit Hilfe dieser Wellenlängenskala hat man dann einen Anhaltspunkt über die Lagen der verschiedenen im Spektrum auftretenden Streifen, auch bei der Verwendung einer Lichtquelle mit kontinuierlichem Spektrum.

Die **Expositionszeiten** lassen sich nur durch Versuche ermitteln. Selbstverständlich müssen orthochromatische Platten zur Anwendung kommen. Ganz korrekt sind zwar die gewonnenen Spektren nicht, aber für die Zwecke des Mikroskopikers genügen sie. Die Verwendung aller dieser Instrumente erfordert natürlich die gründliche Kenntnis ihrer Handhabung, auf die des näheren einzugehen hier nicht der Ort ist. Die gewonnenen Spektren erstrecken sich bei genügend langer Exposition unter Verwendung von Erythrosinsilberplatten nicht ganz bis zur Linie *D*. Die Aufnahme

des roten Teiles des Spektrums erfordert besondere Sensibilisierung der Platten für rotes Licht.

Obschon **die Mikrophotographie im polarisierten Licht** mehr eine Spezialität der Mineralogen ist, so kann auch jeder Mikroskopiker, sei er Histologe, oder Botaniker, Technologe oder dergl. in die Lage kommen, derartige Aufnahmen machen zu müssen. Sie bieten an sich keine besonderen Schwierigkeiten; aber durch die häufig auftretenden charakteristischen Farbenerscheinungen und durch die Einschaltung des Polarisationsapparates ist man in der Auswahl der Objektive und der Aufnahmemethoden weit mehr beschränkt als in der gewöhnlichen Mikrophotographie. Da die Farbenerscheinungen, die im polarisierten Lichte auftreten, sehr häufig gerade das Charakteristische an der Aufnahme sind, so ist auf die direkte Farbenwirkung nicht zu verzichten, und die Einschaltung von Farbenfiltern zur Beseitigung von Farbenabweichungen der Objektive wird bis zu einem gewissen Grade unzulässig. Man ist daher in der Regel angewiesen auf die Verwendung der **Apochromate** in ihrer Kombination mit dem **Projektionsokular.**

In der Regel wird bei mikrophotographischen Aufnahmen die **Beleuchtung im konvergenten Lichte** geschehen müssen. Zu seiner Erzeugung dient der achromatische Kondensor.

Unterhalb des Kondensors in den Träger der Irisblende des Abbeschen Beleuchtungsapparates wird der **Polarisator** eingehängt. Leider sind wohl alle diese Instrumente, soweit sie nicht an Spezialmikroskopen angebracht sind, nur für das aufrecht stehende Mikroskop bestimmt. Sollen bei umgelegtem Mikroskop, wie es in der Mikrophotographie die Regel ist, derartige Apparate zur Anwendung kommen, so muß durch ein Papier oder durch einen Korkstreifen um die Fassung des Nikolschen Prismas herum der Polarisator gegen die Irisblende angedrückt werden, da er sonst sich

senkt und seine Achse nicht mit der optischen Achse des Mikroskops übereinstimmt. Vielleicht entschließen sich unsere Firmen dazu, durch eine kleine Bajonettvorrichtung diese lästige Befestigungsweise überflüssig zu machen. Der Polarisator hat eine relativ kleine Öffnung von etwa 1 qcm. Infolgedessen kann nur ein relativ kleiner Lichtkegel durch ihn hindurch zum Kondensor gelangen. Somit wird aber ganz von selbst die Apertur des Beleuchtungskegels stark vermindert. Daraus folgt wiederum, daß für alle derartigen Aufnahmen nur Objektive mit relativ kleiner Apertur, also in der Regel Trockensysteme bis zu 4 mm Brennweite, auszunutzen sind. Bei allen anderen muß man sich mit der stark beschränkten Apertur begnügen.

Das Präparat kommt, wie gewöhnlich, auf den Objekttisch, wird hier in die geeignete Lage zur Schwingungsebene des Polarisators gebracht, wobei ein drehbarer Objekttisch große Erleichterungen gewährt und in gewöhnlicher Weise scharf eingestellt. Die Regulierung des Beleuchtungskegels ist nur in sehr bescheidenen Grenzen möglich, da, wie eben gesagt, der Polarisator schon eine Einengung des Beleuchtungskegels unumgänglich macht.

Dann wird das Projektionsokular eingesetzt und in der oben geschilderten Weise das Bild scharf auf der Mattscheibe eingestellt. Die mikrophotographische Technik an sich ist ganz die gleiche wie bei gewöhnlichen Aufnahmen. Den **Analysator** befestigt man am besten oberhalb des Projektionsokulars. Zu dem Ende wird die Blende vor der oberen Linse abgeschraubt und ein entsprechend konstruiertes Prisma an ihrer Stelle aufgeschraubt. Die Einstellung der Schwingungsebene gegen die des Polarisators erfolgt durch Drehen des ganzen Okulars. Wollte man nur die obere Linse verstellen, so würde sich ja die Einstellung auf die Blende des Okulars ändern.

Diese Anordnung ist von den sonst üblichen für photo-

graphische Zwecke die vorteilhafteste. Wenig zweckmäßig ist die Anbringung des Analysators unmittelbar oberhalb des Objektivs, weil der Strahlengang durch den massigen Körper stark beeinträchtigt wird. Am schönsten wäre die von Abbe vorgeschlagene Anordnung des Analysators zwischen den Okularlinsen, aber wegen des schwer zu beschaffenden Materials und der hohen Kosten ist ein solches Okular sehr teuer. Wer noch glücklicher Besitzer eines derartigen Analysators ist, kann ihn einmal so verwenden, wie es bei Verwendung der gewöhnlichen Okulare auf S. 48 beschrieben ist, oder er kann sich das Prisma in ein Projektionsokular einsetzen lassen.

Die Expositionszeiten sind natürlich der vielfachen Schwächung des Lichtes wegen entsprechend verlängert. Als Plattensorten werden in der Regel die orthochromatischen Platten nötig sein, allenfalls kann zur Milderung der Farbenkontraste eine lichte Gelbscheibe zur Dämpfung der blauen Strahlen dienen. Auch die **Einschaltung der Gips- und Glimmerplättchen,** die man am besten über dem Polarisator anbringt, steht nichts im Wege und erfolgt wie bei der Okularbetrachtung. Auf die beschriebene Weise ist die Aufnahme (Fig. 47, S. 122) von Salicin angefertigt. Als Objektiv diente Zeiß' Apochromat 16 mm, als Projektionsokular Nr. 4, Nikols gekreuzt.

Recht erhebliche Schwierigkeiten bietet die Aufnahme der sog. **Achsenbilder** von Krystallen. Die Anordnung des Polarisators, des Analysators und des Objektivs bleibt dieselbe wie vorhin. Dann wird aber der innere Tubus herausgeschraubt und an dessen unterem Ende, das wenigstens bei den Zeißschen Mikroskopen ein entsprechendes Gewinde trägt, ein möglichst schwaches Objektiv angeschraubt. Für die Zwecke der photographischen Aufnahme dürfte sich das 35 mm-Planar von Zeiß empfehlen. Dies Objektiv wird auf die obere Brennebene des

Objektivs scharf eingestellt und dann mit Hilfe des Projektionsokulars das Bild in gewöhnlicher Weise auf die Mattscheibe projiziert. Es kann hier nicht näher darauf eingegangen werden, theoretische Erörterungen über die Achsenbilder zu geben. Wer in die Lage kommt, derartige Bilder

Fig. 47.

zu machen, besitzt diese Kenntnisse ohnehin. Schwierig ist nur die Wahl der Objektive. Die Zeißschen Apochromate enthalten bekanntlich eine Linse aus Flußspat, der an sich ein sehr geeignetes Objekt für den Polarisationsapparat darbietet. Es ist nun kaum möglich, eine Flußspatlinse so herzustellen, daß sie ein homogenes Gefüge hat.

Bei der angegebenen Anordnung zur Achsenbilderbeobachtung treten bei gekreuzten Nikols alle Unregelmäßigkeiten der Flußspatlinse auf das deutlichste hervor, so daß die Apochromate für diesen Zweck ungeeignet erscheinen. Auch die Achromate von Zeiß enthalten zum Teil Flußspat. Es wäre also eine sehr vorsichtige Auswahl der Objektive nötig oder Wahl von Objektiven ohne Flußspat. Ferner erzeugen bekanntlich auch Spannungen innerhalb der Glaslinsen, die durch die Fassung leicht entstehen können, Doppelbrechungen in den Gläsern, so daß auch Objektive mit Spannung für die Achsenbilderaufnahmen ungeeignet sind. Man wird also schließlich dazu gelangen, weniger vollkommene Achromate für diese Aufnahmen zu verwenden, wodurch allerdings die Qualität des Bildes wieder erheblich leidet.

Die Achsenbilderphotographie ist noch einer der verbesserungsbedürftigsten Zweige in der Mikrophotographie. Daß sich aber vorzügliche Aufnahmen machen lassen, das zeigen die in der Zeißschen Werkstätte ausgeführten Achsenbilderphotographien von Liebisch in dessen Lehrbuch der physikalischen Krystallographie.

Nicht viel besser als mit der Aufnahme der Achsenbilder steht es mit der **Mikrostereoskopie.** Die Bedingungen des stereoskopischen Sehens und der photographischen Herstellung stereoskopischer Bilder setzen wir als bekannt voraus. Was sich für makroskopische Photographien bewährt hat, läßt sich nicht ohne weiteres auf die Mikrophotogramme übertragen. Die Aufnahme mit zwei identischen Objektiven in bestimmtem Abstande ist technisch nicht oder nur für ganz schwache Vergrößerungen ausführbar. Um genügend große Bilder zu bekommen, müssen die Objektivachsen gegeneinander geneigt sein. In diesem Falle genügt das gewöhnliche Mikroskop nicht mehr, sondern es wird ein Doppeltubus mit Doppelcamera nötig, d. h. ein ganz be-

sonderes Instrumentarium, welches trotz alledem nur für wenige grobe Objekte brauchbar ist. Durch die Winkelstellung der Linsen wird auch die für die gewöhnliche Stereoskopie zu fordernde Parallelstellung der optischen Achsen unmöglich und damit fallen auch alle diesbezüglichen Gesetze für die richtige Abbildung. Es ist hier nicht der Ort, genauer auf diese Dinge einzugehen. Mit Hilfe der bisher konstruierten Mikrostereoskop-Cameras, wie in neuerer Zeit namentlich eine solche von Zeiß herausgegeben ist, kann man keine natürlich körperlichen Eindrücke im Stereoskop erzeugen. Gute Versuchsobjekte sind Kugeln, z. B. Öltropfen, u. dergl. Erscheinen Kugeln als Eier, so ist der stereoskopische Wert des Bildes gering, weil es eine falsche Vorstellung von der Körpergestalt erweckt. So ist Zeiß von der weiteren Herausgabe seines Apparates abgekommen; weil eine übertriebene Plastik schwer vermeidbar ist. Die Beleuchtung eines mikroskopischen Präparates nach den üblichen Grundsätzen ist bei zwei gegeneinander geneigten Linsen unmöglich, weil man zwei divergierende Lichtkegel nötig hat, alle Kondensoren aber nur einen liefern. Es bleibt also nur die Benutzung einer einzigen hinreichend großen diffusen Lichtquelle, des hellen Himmels, einer Mattscheibe u. dergl. übrig.

Es liegt nahe, daran zu denken, nach Analogie der gewöhnlichen Stereoskopie, statt zweier Linsen nur eine zu benutzen, indem man sie um einen bestimmten Betrag seitlich verschiebt oder bei feststehender Linse das Präparat verrückt. Dann kann Beleuchtung, Mikroskop und Camera wie üblich sein. Aber beide Methoden liefern kein körperliches Bild. Fritsch (Über das Sehen im Mikroskop und die Herstellung stereoskopischer Mikrotypieen auf photographischem Wege, Zeitschrift zur Feier des 100jährigen Bestehens der Gesellschaft Naturforschender Freunde in Berlin 1873) hat versucht, eine genügende perspektivische

Verschiebung durch Neigung des Objektes unter Benutzung eines feststehenden Objektivs zu erreichen, indem er das Präparat auf einer „Wippe“ befestigt und diese einmal nach links, einmal nach rechts einen empirisch festzustellenden Winkel gegen die zur Achse senkrechte Ebene bilden läßt. Hierbei ist aber auch nur eine schwache Vergrößerung anwendbar, weil die geringe Tiefenzeichnung der Linsen sofort zu störender Unschärfe führt.

Neuerdings hat Scheffer wieder eine Belebung der mikroskopischen Stereoskopie versucht, indem er durch Fueß einen vertikal stehenden Apparat hat bauen lassen, dessen Camera nach rechts und links gegen die normale Achse verstellbar ist. Die genauere Einrichtung erhellt aus Fig. 48. Auf einem schweren Eisenfuß *A* erhebt sich die Säule *B*. An ihr drehbar um die Achse *D* ist das Stück *C*, an dem sich die Gleitschiene *F* für die Camera befindet. D i Neigung der Camera ist durch eine Gradteilung bei *T* ablesbar. Bei

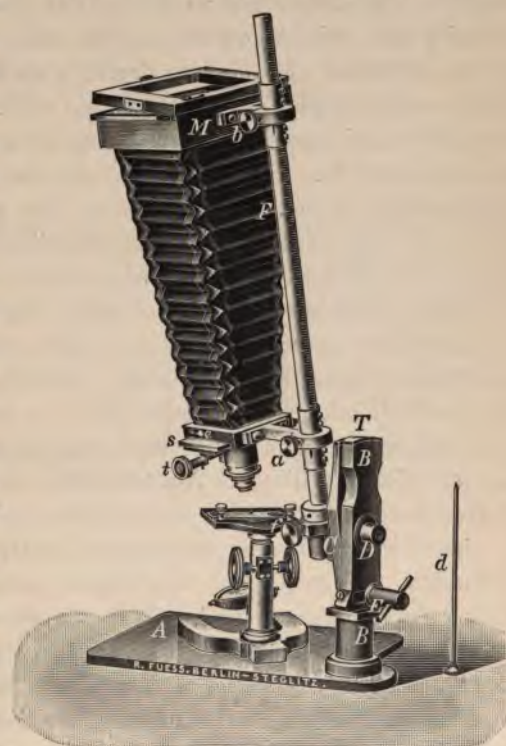


Fig. 48.

zentraler Stellung der Camera wird durch die Achse *D* die Zentriernadel *d* eingeführt und ihre Spitze genau in die Mitte der Mattscheibe eingestellt. Dann wird sie entfernt und der Objekttisch mit dem Präparat so untergestellt, daß die Mitte des Präparates an Stelle der Spitze kommt. Die Fokusierung erfolgt durch Heben und Senken des Objektes, während die Nadel durch Verschieben der Mattscheibe oder des Objektivs eingestellt wird. Die Aufnahmen werden in beiden Neigungen ohne Veränderung der Einstellung gemacht. Sehr geschickt ist die Beleuchtung in auffallendem Lichte. Das Zentrum des gläsernen Objekttisches ist mit einem schwarzen Scheibchen bedeckt, auf welches das Objekt gelegt wird. Dann wird darüber ein für jedes Objektiv zu bestellender Parabolspiegel nach Lieberkühn gestellt. Für glänzende Objekte wird ein ebensolcher Gipsreflektor geliefert. Natürlich kann man auch mit durchfallendem Lichte arbeiten. Die mit diesem Instrument aufgenommenen Bilder sind von vorzüglich plastischer und natürlicher Wirkung. Als Objektive sind am besten die Mikroplanare mit Blende, ferner die Leitzschen Linsen. Prinzipiell ist kein Unterschied gegen die Fritschsche Wippe vorhanden, da beidesmal das Objekt unter verschiedenem Winkel aufgenommen wird. Auch dieser neue Apparat ist aus den gleichen Gründen, wie die jene, nur für schwache Vergrößerungen brauchbar, für Insekten, Krystalle u. dergl. Bei zentraler Stellung der Cameraachse ist er als einfache Vertikalcamera verwendbar.

Die Methoden, verschobene Bilder durch Benutzung schiefer Beleuchtung, halb abgeblendeter Objektive und Einstellung verschiedener Bildebenen zu gewinnen, tauchen von Zeit zu Zeit von neuem auf und werden mit allerlei Variationen und Permutationen empfohlen, ohne aber sich der anhaftenden Übelstände wegen einbürgern zu können, ebenso wenig wie das stereoskopische Mikroskop, ja, wie

selbst das Stereoskop. Die ganze Stereoskopie ist ein wenig gepflegter Zweig der Photographie, und ehe das nicht anders wird, dürften auch wesentliche Verbesserungen auf diesem Gebiete ausbleiben, oder aber, wenn sie gemacht würden, vergeblich auf allgemeine Verwendung rechnen können. Die Bemühungen des Einzelnen sind der Indifferenz der Allgemeinheit gegenüber undankbare, unerfreuliche Arbeiten, vergeblich wie die Arbeit des Sisyphus.

Genau nach den Regeln der Photographie und mit genau denselben Apparaten erfolgt auch

die Projektion mikroskopischer Objekte,

die wir daher mit wenigen Bemerkungen erledigen können. Die Hauptsache bleibt dabei eine sehr kräftige Lichtquelle. Für die Projektion kommt daher wohl nur das elektrische Bogenlicht in Betracht, und zwar als Lampe, mit 20 bis 50 Ampère.

Eine solche Lampe für 30 Ampère, wie Zeiß sie verwendet und die Art der besten Kohlenstellung zeigt Fig. 49. Der glühende positive Krater soll schräg nach vorn stehen, damit nicht das Licht etwa nach abwärts fällt und nur in einem Bruchteile auf die Kondensoren gelangt. Bei allen elektrischen Lichtquellen ist Kühlung durch ein in den Strahlengang eingeschaltetes Wassergefäß unbedingt nötig. Bei sehr empfindlichen Präparaten oder solchen, die längere Zeit im Strahlenkegel bleiben, muß oft genug noch auf dem Objekttisch eine durch fließendes Wasser kühlbare Kammer, ein Zothscher Kühler, für eine direkte Kühlung des Objektträgers sorgen. Wer seine Beleuchtung nach den erörterten Vorschriften einrichtet, wird kaum jemals erleben, daß ein Präparat verbrennt. Wenn man sich durch das Streben nach zu großer Helligkeit verleiten läßt, den Beleuchtungskegel zu dicht in die Objektebene zu bringen, verbrennt man nicht nur das Objekt im Augenblick, son-

dern kann auch die Objektive in Gefahr bringen, ganz abgesehen davon, daß die Beleuchtung ungleichmäßig ausfällt. Bei der Projektion mikroskopischer Objekte bringen schwächere Vergrößerungen größere Vorteile als die mit starken Trockensystemen oder Immersionen. In allen solchen Fällen, bei Bakterien, Zell- und Kerndetails u. s. w. ist es besser, gute Photogramme herzustellen und danach ange-

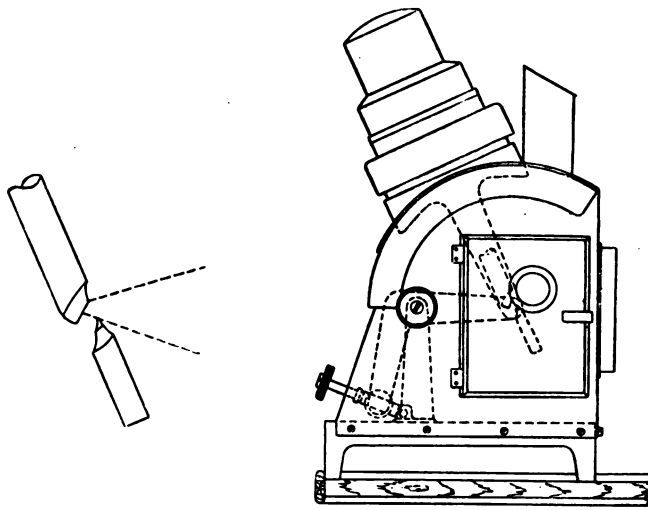


Fig. 49.

fertigte Diapositive vorzuführen. Wo das nicht angeht, zeige man zunächst mit möglichst schwacher Vergrößerung die Bilder zur Orientierung und dann lieber die Präparate direkt im Mikroskop.

Selbstverständlich muß der Demonstrationsraum gut verdunkelt sein und der Zuschauer sich zunächst an die Dunkelheit gewöhnen. Bei plötzlichen Übergängen von hellem Tages- oder Lampenlichte erscheinen die Projektionen oft anfangs sehr dunkel, während sie nach Gewöhnung des

Auges hell genug sind, um auch aus größeren Entfernungen alles zu zeigen. Dringend ist die Benutzung lichtstarker Operngläser zu empfehlen.

Zeiß hat seinen Projektionstisch so eingerichtet, daß er nach Verschiebung des Mikroskops auch zur Projektion von Diapositiven dienen kann. Der Diapositivträger *D* kann zumeist auf der optischen Bank stehen bleiben und es ist nur nötig, den Fuß *P* mit dem Objektiv aufzusetzen. Der Wechsel ist in einigen Augenblicken vollzogen. Die Einrichtung erhellt aus dem Schema Fig. 50.

Wie der Mikro-Projektionsapparat in einen makroskopischen verwandelt werden kann, sind auch an das ursprüng-

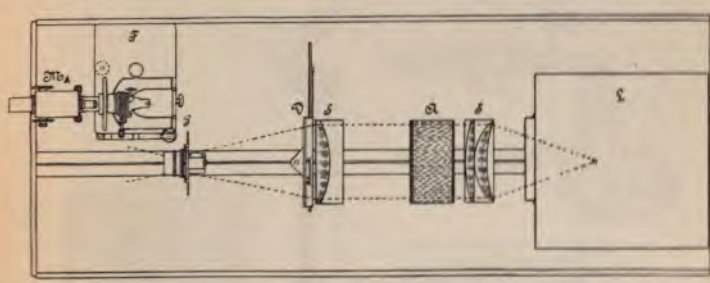


Fig. 50.

lich für makroskopische Zwecke gebaute Epidiaskop Einrichtungen angebaut, um es wenigstens für schwache und mittlere mikroskopische Projektionen brauchbar zu machen. Zu dem Ende wird ein Stativ mit ringförmigem Messingfuß in die Öffnung eingesetzt, wo für gewöhnlich das Planar nebst Aufsatz mit dem Bildumkehrspiegel seinen Platz hat. Auf dem Fuß steht eine dreikantige Säule, an der mit Zahn und Trieb verstellbar das Objektiv auf und ab bewegbar ist. Am oberen Ende dieser Säule ist der Objektivträger angeschraubt, vergl. Fig. 51.

In die Öffnung des Objektivträgers werden die ver-

schiedenen Planare mit schüsselförmigen Zwischenringen ohne Tubus einfach eingehängt, so daß sie sofort auszuwechseln sind und keinen Verlust an Bildwinkel erleiden. Neben der Ojektivöffnung erhebt sich eine ganz kurze Säule

Fig. 51.

zur Aufnahme des bildumkehrenden Reflexionspiegels. Der Kondensor liegt im Ring des Fußes.

Bei Benutzung von Mikroskopobjektiven mit Okular klappt man den Spiegel zurück, hängt die genau wie die Planare montierten Objektive ein und setzt einen mit Blei beschwerten Tubus darüber, auf dessen oberem Ende durch einen Klemmring der Spiegel aufsitzt. Ein zweiter Kondensor

mit kürzerer Brennweite dient zur Beleuchtung. Die ganze Einordnung zeigt Fig. 52. Um das Licht des Scheinwerfers nach oben zu richten, wird ein Spiegel, dessen Neigung

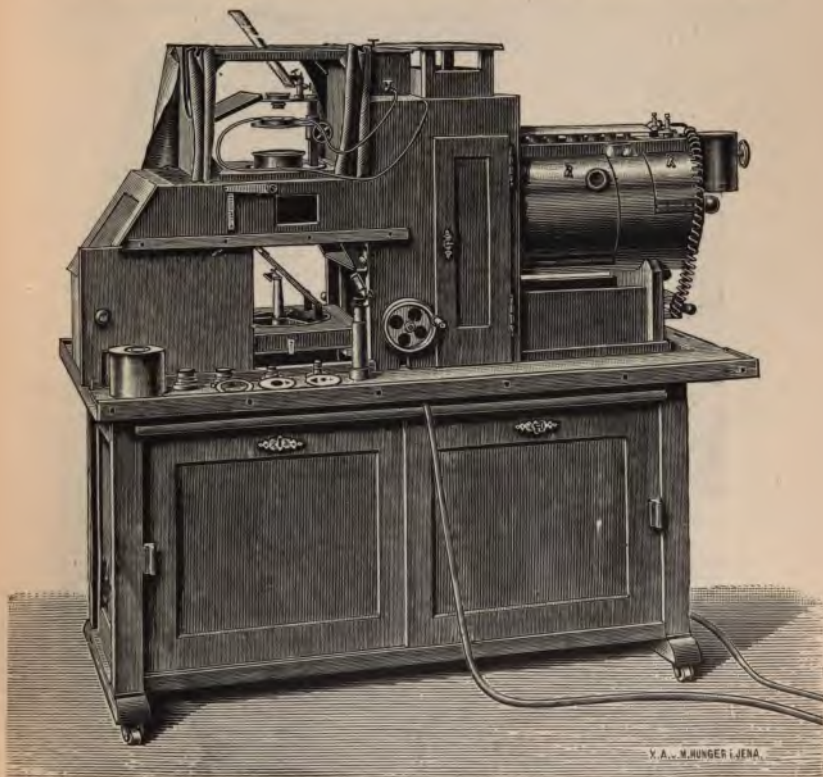


Fig. 52.

durch eine Schraube zu ändern ist, auf einer Drehscheibe in einem besonderen Schieber an Stelle der gewöhnlichen Objektschieber eingesetzt und ganz nach oben gekurbelt. Durch Verschiebung des Scheinwerferreflektors wird das ganze Gesichtsfeld gleichmäßig erleuchtet. Die Figur 52

zeigt auch den Zothschen Kühler. Verwendbar sind bei dieser Art der Projektion außer den Mikroplanaren von 100—20 mm Brennweite noch die Objektive bis höchstens

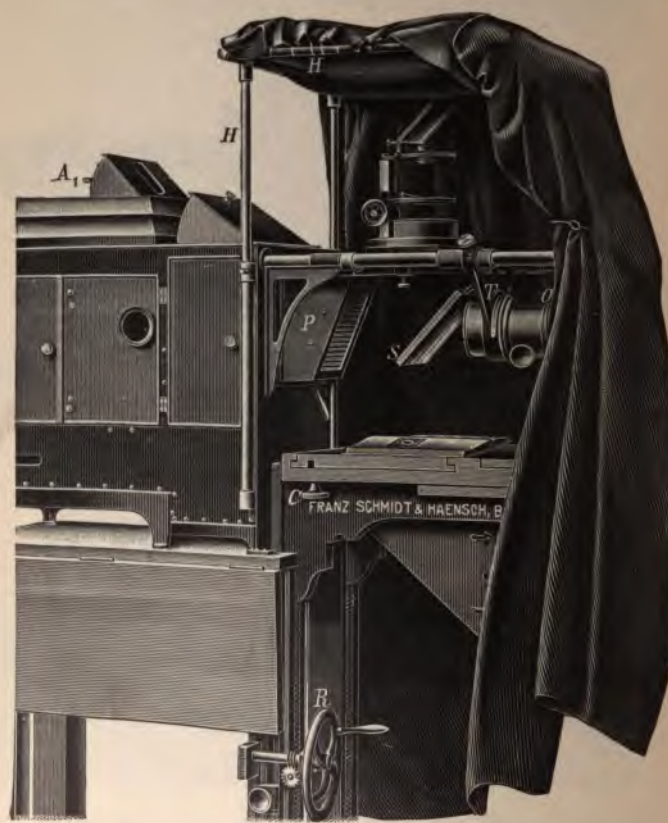


Fig. 53.

C (8 mm Brennweite) mit oder ohne Okular, so daß für fast alle Fälle, die überhaupt für die Projektion rationell sind, dieses Instrument genügt.

Auch mit dem Apparat von Schmidt & Haensch läßt sich die in Fig. 51 abgebildete Einrichtung verbinden, wie Fig. 53

zeigt. Der Prismenkörper *P* wird entfernt und nicht, wie in der Figur noch angenommen ist, an seinem Platze gelassen. Der schräge Spiegel *S* ist auch rückseitig, gegen den Kondensor zu, versilbert und reflektiert das auffallende Licht nach oben in das Mikroskop.

Es ist hierdurch möglich, nicht nur das Originalpräparat, z. B. eine halbe Niere mit einer Geschwulst, sondern auch gleich das mikroskopische Präparat mit der feineren Struktur dem Hörer vorzuzeigen. Damit ist die Projektion zu einer Vollkommenheit gelangt, daß sie beinahe allen vernünftigen Wünschen genügt. Immerhin kann natürlich die Mikroprojektion mit einem für andere Zwecke konstruierten Apparate nicht so vollkommen sein, wie die mit dem Spezialinstrumentarium. Für eine gut dotierte Anstalt, für Universitätsinstitute, Hochschulen u. s. w. liegt die Sache so, daß man das Epidiaskop mit der mikroskopischen Hilfseinrichtung für den Hörsaal, die mikrophotographische Camera mit dem zugehörigen Projektionstisch für das Laboratorium anschafft. Zur Photographie ist das Epidiaskop ungeeignet, und mit einem Instrumentarium zu photographieren, das immer auf Wanderungen sich befindet und in verschiedene Hände kommt, ist auch kein Vergnügen. Nun kommt noch dazu, daß mancher zwar ein trefflicher Lehrer und großer Forscher, aber mit dem subtilen photographischen u. s. w. Instrumentarium theoretisch und praktisch nicht vertraut ist. Oft genug weiß auch Assistent und Diener nicht Bescheid, und was dann vom Erbauer alles verlangt wird, das glaubt man einfach nicht. Statt sich mit den Eigenarten und Leistungsfähigkeiten des Apparates vertraut zu machen und demgemäß die Ansprüche zu stellen, wird alles Mangelhafte der Projektion dem Assistenten und demnächst dem Optiker zur Last gelegt.

Für eine ganz vollkommene Projektion würde sich am besten eine Verbindung des Schmidt & Haenschschen

Apparates mit der Zeißschen mikrophotographischen Einrichtung eignen. Der erste Apparat gibt die Lichtquelle, das Epidiaskop und Skioptikon, die letztere in Verbindung mit der Lichtquelle und dem Kondensor die mikroskopische Projektion. Damit wäre die Vollkommenheit der Projektion erreicht, die heute möglich ist. Die Frage ist nur, ob die geschäftlichen Rücksichten und die leidige Konkurrenz ein solches Zusammengehen wahrscheinlich machen.

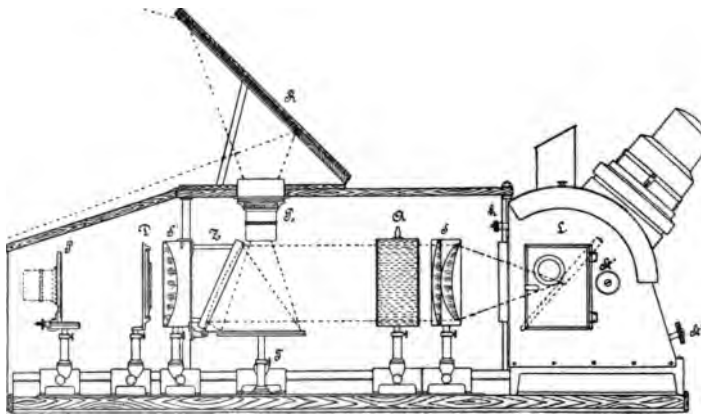


Fig. 54.

Verfasser möchte glauben, daß der vornehme, wissenschaftliche Geist der Firma Zeiß und die Liebenswürdigkeit des Herrn Haensch im Interesse der Sache eine Vereinigung ermöglichen, und er würde sich freuen durch diese Anregung sie angebahnt zu haben.

Wer vorzugsweise photographiert und nur gelegentlich kleinere Objekte episkopisch projiziert, kann auch zum Zeißschen Projektionstisch eine episkopische Einrichtung beziehen, deren Anordnung ohne weiteres aus Fig. 54 verständlich ist.

Photographisch-technischer Teil.

Mit dem technischen Teil können und müssen wir uns sehr kurz fassen. Wer sich der Mikrophotographie mit wirklichem Erfolge widmen will, muß die allgemeine photographische Technik beherrschen und im Negativ- und Positivverfahren durchaus sicher sein. Aber das allein genügt auch nicht, denn gerade bei mikrophotographischen Arbeiten kommen eine Anzahl von Dingen aus den Hilfswissenschaften, der Optik, der Farbenlehre u. s. w. in Betracht, deren Kenntnis um so mehr nötig ist, als der Photograph selbständig arbeiten und von Zufällen, „der Tücke des Objekts" unabhängig sein will. Das alles müssen wir hier voraussetzen und es würde den Umfang des vorliegenden Buches mindestens verdoppeln, sollte das alles hier besprochen werden. Nur die besonders bewährten Sachen wollen wir kurz erörtern.

Daß als lichtempfindliche Platten nur orthochromatische zu brauchen sind, ist schon gesagt. Alt bewährt sind die Vogel-Obernetterschen Eosin-Silberplatten von Otto Perutz in München. Neuerdings fabriziert Perutz auch Perortho-, Perxanto-, Perchromoplatten, die zwar vereinzelt empfohlen, aber noch nicht als haltbar, gleichmäßig und zweckentsprechend bewährt sind. Geübte Photograp[illegible] mögen immerhin einen Versuch machen. Ferner fa[illegible] Schleußner, Aktiengesellschaft für Anilinfabrika[illegible]

andere Fabriken gute Platten. Es kommt nicht so sehr auf hohe Empfindlichkeit, als auf große Klarheit, gute Kontraste bei genügender Tonabstufung und fehlerfreie Emulsion an. Alle diese Platten sind vorwiegend grünempfindlich.

Eine wirklich pantorthochromatische Platte, die für alle Spektralbezirke gleichempfindlich ist, gibt es noch immer nicht. Braucht man gelegentlich orangeempfindliche Platten, so ist die Spektrumplatte von Cadett und Neal bewährt. Der Perutzschen Perxantoplatte (nach Miethe) wird auch gute Empfindlichkeit für Orange und Rot nachgerühmt; über die Haltbarkeit ist noch keine genügende Erfahrung vorhanden.

Alle Platten gewinnen erheblich an Brillanz, wenn sie rückseitig mit einer lichtabsorbierenden Schicht gedeckt sind. Die Spektrumplatten gelangen zum Teil gleich mit einer schwarzen Masse gedeckt in den Handel. Sie löst sich beim Entwickeln, verunreinigt den Entwickler, ohne aber seine Wirksamkeit zu beeinträchtigen. Es läßt sich nach Einweichen in reinem Wasser die Schicht vor der Entwicklung abwaschen. Doch bedenke man dabei die erhöhte Rotempfindlichkeit! Eine fertig im Handel befindliche Hintergußmasse ist das Antisol. Es ist aber schwer damit eine gleichmäßige Schicht herzustellen. Alt bewährt ist der Collodium-Hinterguß von:

Aurantia	0,5 g
Fuchsin	0,1 g
Collodium 2 %	100 g
Ricinusöl	4 g

Für manche Zwecke dürften auch die lichthoffreien Sandellplatten gute Dienste tun, die mit orthochromatischen Emulsionen von der Anilinfabrik in Berlin erhältlich sind.

Vor dem Einlegen müssen alle Platten auf der Schichtseite mit dem trockenen Handballen oder einem breiten,

weichen Pinsel abgestaubt werden. Blasen mit dem Munde ist unzulässig. Jedes Staubteilchen gibt einen weißen Punkt auf dem Negativ.

Bei der Entwicklung strebe man nach einem langsamen, kontrastreichen Hervorrufen entweder mit langsam arbeitenden Entwicklern, oder durch Benutzung gebrauchter, event. reichlich mit Bromkalium versetzter Lösungen. Die Grundbedingung einer guten Entwicklung ist eine durchaus richtige Exposition. Wenn ein Mikrophotograph es nicht über sich bringt, zwei, drei Platten zu opfern, um die beste Exposition zu ermitteln, so wird er nicht viel Freude an seinen Negativen haben. Alle Entwicklungskunststücke, die der reisende Photograph wohl oder übel probieren muß, um zu retten, was zu retten ist, entfallen für den im Laboratorium arbeitenden Mikrophotographen, dessen Präparate nicht fortlaufen. Man mache es sich von Anfang an zur strengen Regel, jedes irgendwie technisch unvollkommene Negativ erbarmungslos sofort zu vernichten und glaube einem alten Praktiker, daß bei allen nachträglichen Korrektionen nichts herauskommt.

Ein vortrefflicher Entwickler ist **Glycin**, das salzsaure Salz der Paraoxyphenylamido-Essigsäure. Es arbeitet langsam und gibt auch ohne Bromkalizusatz klare und gut gedeckte Negative mit tiefschwarzem Silberniederschlag. Am besten arbeitet man nicht mit einem fertig gemischten Entwickler, sondern mit getrennten Lösungen, welche allein ein Anpassen an die verschiedenen Schwankungen der Expositionszeit ermöglichen. Glycin löst sich in reinem Wasser schwer, leicht in alkalischem. Zum Gebrauch löst man:

1.	Wasser	100 ccm
	Natriumsulfit . . .	12 g
	Pottasche	2 g
	Glycin	5 g

2.	Wasser	100 ccm
	Pottasche	12 g

Für normale Exposition mischt man:

Lösung 1	20 ccm
Lösung 2	40 ccm
Wasser	20 ccm

Die Wirkung beginnt erst nach einer halben bis einer Minute mit dem Hervortreten der Lichter. Die Halbschatten kommen langsam und erheblich später, die Entwicklung dauert im ganzen 5—8 Minuten. Das Zurückgehen der Dichte im Fixierbade ist unbedeutend. Durchaus zu vermeiden ist jede Berührung der Platte oder des Entwicklers mit Fixiernatron, welches namentlich durch die Finger des Operateurs leicht übertragen werden kann. Alsdann entstehen gelbe Flecke und Schleier, die nicht zu entfernen sind. Nach dem Entwickeln ist sehr gründlich abzuspülen. Bromkali hält schon in sehr geringer Menge die Entwicklung stark zurück und ist daher bei richtiger Exposition zu entbehren.

Ist die Platte erheblich über- oder unterexponiert, mache man eine neue Aufnahme.

Bei unsicherer Exposition beginnt man mit

Lösung 1	20 ccm
Lösung 2	10 ccm
Wasser	20 ccm
und Bromkali . . .	5 Tropfen.

Erscheinen die Halbschatten zu schnell, vermehrt man den Bromkalizusatz, kommen sie zu langsam, verdünnt man mit Wasser.

Wer unter ziemlich gleichbleibenden Verhältnissen die Exposition leicht richtig treffen kann, z. B. im Laboratorium und im Atelier, kann auch eine fertige Lösung benutzen. Sie besteht aus:

Wasser	100 ccm
Natriumsulfit . . .	15 g
Pottasche	25 g
Glycin	5 g

Für normale Platten werden von dieser Lösung 20 ccm mit 60 ccm Wasser verdünnt, bei Überexposition 5 bis 10 Tropfen Bromkali hinzugesetzt, bei Unterexposition 10 Teile Entwickler mit 60 Teilen Wasser verdünnt.

Die verdünnte Lösung arbeitet sehr langsam, und das hat zu einer eigenartigen Verwendung der **Standentwicklung** (Meydenbauer) geführt. Einen Vorteil hat diese Methode für Mikrophotogramme nicht. Man entwickle sofort jede Aufnahme und mache lieber eine neue, wenn die Exposition falsch war, als daß man künstelt beim Hervorrufen.

Einen sehr energischen und rasch wirkenden Entwickler bildet das **Metol,** das schwefelsaure Salz des Monomethylparamidophenols. Es ist ein krystallinisches, weißes Pulver, welches sich in Wasser klar löst, am Lichte jedoch mit der Zeit sich grau färbt und dann keine klare Lösung mehr gibt. Farblose Lösungen sind selbst mit Sodazusatz, vorausgesetzt, daß sie in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden, ziemlich lange haltbar. Die Schnelligkeit der Entwicklung hängt ab von der Menge des zugesetzten Alkalis. Bei wenig Soda oder Pottasche wirkt Metol langsam, und Bromkali als Verzögerer ist sehr wirksam. Bei viel Alkali erfolgt die Entwickelung ungemein rasch, und die Bilder werden flau. Daher empfiehlt es sich, auch hier mit getrennten Lösungen zu arbeiten. Man bereitet folgende Lösung:

1.	Wasser	100 ccm
	Metol	1,5 g
	Natriumsulfit . . .	15 g

2.	Wasser	100 ccm
	Bromkali	0,2 g
	Soda	30 g, oder
	Pottasche	10 g

Bei normaler Exposition mischt man von

Lösung 1	20 ccm
Lösung 2	10 ccm
Wasser	30 ccm

und setzt einige Tropfen Bromkali hinzu, namentlich bei sehr hochempfindlichen und zur Schleierbildung neigenden Platten.

Die Entwicklung beginnt 5—8 Sekunden nach dem Übergießen, und es ist daher das Aufgießen der Lösung schnell und gleichmäßig zu besorgen. Jedes Zögern führt zur Fleckenbildung. Es empfiehlt sich daher, reichlich Lösung zu nehmen oder die Platte vor dem Einlegen in den Entwickler etwa eine halbe Minute in reinem Wasser einzuweichen, um ein gleichmäßiges Annehmen der Lösung zu erleichtern. Namentlich bei größeren Plattenformaten ist dieses Vorbad ratsam. Kaum hat die Entwicklung begonnen, treten auch schon die Halbschatten hervor, ganz ähnlich, wie bei überexponierten Platten, jedoch erlangt das Negativ erst erheblich später genügende Kraft, und man hüte sich daher, die Platte zu früh aus dem Bade zu nehmen, weil die Halbtöne und Lichter sehr bald stehen bleiben. Die Entwicklung dauert etwa im ganzen 4—5 Minnten und muß bis zu etwas höherer Deckung, als das fertige Negativ zeigen soll, fortgesetzt werden, weil die Kraft beim Fixieren merklich zurückgeht.

Für harte Entwicklung wird der Zusatz von Metol vermehrt, der des Alkalis vermindert und durch reichlich Bromkali die Details zurückgehalten. Man mische z. B.:

Lösung 1 . . .	60 ccm
Lösung 2 . . .	5 ccm
Bromkali	10—12 Tropfen.

Bei unsicher exponierten Platten muß sehr vorsichtig verfahren werden, weil sonst bei etwaiger Überexposition bei dem schnellen Hervorschießen des Bildes keine Hilfe mehr möglich ist.

Kann man die Exposition unter gleichbleibenden Verhältnissen annähernd richtig beurteilen, so kann auch Metol in einer Lösung verwendet werden. Es werden angesetzt:

Wasser	100 ccm
Metol	1,5 g
Natriumsulfit . . .	15 g
Soda	12 g
Bromkali	0,2 g

Von dieser Lösung werden 40 Teile mit gleichviel Wasser verdünnt, und 5—8 Tropfen Bromkali hinzugefügt.

Noch besser als diese Lösung ist eine andere, welche eine zweite Entwicklungssubstanz, und zwar Hydrochinon enthält. Bei Verwendung dieser Kombination erhält man eine viel bessere Deckung, als bei Metol allein. Namentlich für alle mit Farbenfiltern gemachten Aufnahmen, die bei der Mikrophotographie Regel sind, bewährt sich folgender Entwickler vortrefflich:

Wasser	200 ccm
Natriumsulfit . . .	10 g
Metol	1 g
Hydrochinon . . .	1,5 g
Pottasche	5 g

Für richtig exponierte Platten ist die angegebene Konzentration unter Zusatz einiger Tropfen Bromkali gerade richtig. Dieser Entwickler ist auch nach dem Gebrauche längere

Zeit haltbar und gestattet durch Mischen mit neuem Entwickler ein äußerst sparsames Arbeiten und Anpassen an verschiedene Expositionszeiten. Bei Unterexposition muß noch etwas Pottaschelösung (1 : 10) hinzugefügt werden. Mäßig überexponierte Platten werden nur mit öfters gebrauchten Lösungen hervorgerufen.

Ein sehr einfacher und bequemer, in fertiger Lösung käuflicher, sehr haltbarer Entwickler ist das **Rodinal.** Es ist eine konzentrierte Lösung eines Alkalisalzes des Paramidophenols mit Zusatz von neutralem Natriumsulfit. Da eine ganze Anzahl der gangbarsten Plattensorten leicht zur Schleierbildung bei der Entwicklung mit Rodinal neigt, so ist es zweckmäßig dem Entwickler immer etwas wässerige Bromkaliumlösung (1 : 10) zuzusetzen.

Das **Bromkali** ist eines der unentbehrlichsten Hilfsmittel bei der Entwicklung, und der Anfänger kann sich nicht früh genug mit seiner Wirkungsweise vertraut machen. Bromkali ist ein Verzögerer, d. h. es verlangsamt die reduzierende Wirkung der Entwickler und verhindert die Bildung von Schleiern.

Das Rodinal verträgt einen ziemlich erheblichen Zusatz von Bromkali. Richtig exponierte Platten werden entwickelt mit:

Rodinal . . .	1 ccm
Wasser . . .	30 ccm
Bromkali . .	1—2 Tropfen.

Zum Verdünnen braucht, wenn die benutzte Lösung nicht aufgehoben werden soll, kein destilliertes Wasser verwendet zu werden. Die Entwicklung beginnt ziemlich schnell und ist rasch beendet. Bei Überexposition mischt man 1 Teil Rodinal mit 15 Teilen Wasser und setzt auf jeden Kubikcentimeter Rodinal etwa 3—5 Tropfen Bromkalilösung zu. Es ist eine besondere Eigentümlichkeit des Rodinals, daß es in stärkeren Lösungen kontrastreich arbeitet, im Gegen-

satz zu den meisten andern Entwicklern. Die stärkeren Lösungen des Rodinals entwickeln ungemein schnell und müssen durch reichlichen Bromkalizusatz in ihrer Wirkung zurückgehalten werden, da sonst ebenfalls ein flaues Negativ resultieren würde.

Unterbelichtete Platten werden mit einem verdünnten Entwickler (1 : 40) und sehr wenig Bromkali entwickelt. Die Entwicklung dauert erheblich länger; das Negativ wird aber, wenn die Unterexposition nicht allzu erheblich war, gleichmäßig durchgearbeitet, wenn auch dünn. Die Helligkeitswerte der einzelnen Bildteile sind aber einigermaßen richtig wiedergegeben und können durch nachträgliche Verstärkung so gesteigert werden, daß die Kopien harmonische Bilder ergeben.

Ist man im Zweifel über die Richtigkeit der Exposition, so fängt man mit der stark verdünnten Lösung (1 : 40) an zu entwickeln und setzt allmählich im Bedürfnisfalle tropfenweise Rodinal zu. Dieses Zusetzen darf in keinem Falle geschehen, wenn die Platte in der Entwicklungsschale liegt. Man hebt entweder die Platte heraus und bringt sie erst nach erfolgtem Zusatz und gründlicher Mischung wieder zurück, oder gießt einen Teil der Lösung in das Meßglas, mischt zu diesem das Rodinal hinzu und gießt dann von neuem wieder über die Platte. Statt die käufliche Rodinallösung hinzuzufügen, macht man sich besser, um gleichzeitig auch Bromkali dem Entwickler beizugeben, folgende Stammlösung:

Bromkali . . .	3 g
Wasser . . .	10 g
Rodinal . . .	10 g

und fügt von dieser konzentrierten Lösung die erforderliche Menge allmählich zu. Mitunter ist es vorteilhaft, den verdünnten, frischen Entwickler mehrere Stunden in einer offenen

Schale stehen zu lassen, namentlich wenn leicht schleiernde Platten entwickelt werden sollen.

Außer den erwähnten Entwicklern gibt es noch zahlreiche andere, die mehr oder minder alle brauchbar sind. Verfasser ist bisher immer mit diesen drei ausgekommen und keine neuen Anpreisungen und Versuche — alle neuen Entwickler können nach Meinung der Erfinder mehr als die vorhandenen — hat ihn veranlassen können, einen anderen zu wählen. Man studiere wenige Entwickler gründlich und probiere nicht immer umher. Schlechte Apparate, Platten und Expositionen und mangelhafte Technik des Photographen lassen sich nicht durch Entwickler ausgleichen. Erkenne dich selbst und verbessere am richtigen Orte, alle Verbesserung fängt beim Individuum selber an!

Nach dem Entwickeln wird die Platte unter der Brause $^1/_2$—1 Minute kräftig **abgespült** und dann in das **Fixierbad** übertragen. Hierin soll das noch vorhandene lichtempfindliche Bromsilber gelöst und die Platte lichtbeständig und haltbar gemacht werden. Heutzutage dient fast ausschließlich das **unterschwefligsaure Natron** in wässriger Lösung von 1 : 5 dem genannten Zwecke. Diese einfache Lösung bräunt sich infolge der den Platten anhaftenden Entwicklerreste sehr bald bei wiederholtem Gebrauche und wird dann die Ursache von Gelbschleiern. Diesem Übelstande wird durch das **saure Fixierbad,** welches Lainer in die Praxis eingeführt hat, vorgebeugt. Am einfachsten setzt man zu je 1 Liter Fixiernatronlösung 60—80 ccm **saure Sulfitlauge,** welche eine leicht gelbliche, stechend riechende Flüssigkeit darstellt. Sie enthält neben saurem schwefligsaurem Natron reichlich freie schweflige Säure, welche ihr den unangenehmen Geruch verleiht. Es empfiehlt sich daher, die Fixierschale verdeckt zu halten. Sobald dieser Geruch aus der Lösung geschwunden ist, muß von neuem etwas saure Sulfitlauge hinzugesetzt werden. Wo

diese Lauge nicht zu haben ist, ersetzt man sie nach Lainer, indem zu je 1 Liter Fixierbad hinzugesetzt werden:

Weinsäurelösung (1 : 2) . . 30 ccm
Natriumsulfit (1 : 4) . . . 70 ccm.

Statt der Weinsäure kann auch Citronensäure genommen werden. In diesem sauren Fixierbade bleiben die Platten so lange, bis sie, von der Rückseite betrachtet, völlig schwarz erscheinen und keine Spur ungelösten Bromsilbers mehr enthalten. Nach vollständiger Lösung läßt man sie noch weitere 5—10 Minuten in diesem Bade, um leichtlösliche, gut auswaschbare Silbernatriumverbindungen zu erhalten.

Das saure Fixierbad hat weiterhin den Vorteil, die Gelatineschicht leicht zu härten und das Kräuseln beim nachfolgenden Waschen zu verhindern. Es ist deshalb bei Benutzung dieses Bades nicht nötig, dem Fixierbade Formalin (5 %), Alaun oder Chloraluminium zuzusetzen. Im Sommer kommt man häufig nicht ohne diese **Gerbmittel** aus, läuft aber bei ihrer Anwendung Gefahr, ein nachfolgendes Verstärken oder Abschwächen der Platten zu erschweren. Namentlich bei Chloraluminium ist es Verfasser wiederholt begegnet, daß die Platten so harte Schichten bekamen, daß sie den Verstärker nur stellenweise annahmen. Alaun wird in gesättigter, Chloraluminium in 2 % Lösung, nach dem Fixieren während 5—10 Minuten angewendet. Sehr kalte Fixierbäder arbeiten nur äußerst langsam, und man halte sie daher auf einer Temperatur von mindestens 18° C.

Ist die Platte völlig ausfixiert, so wird sie gründlich **gewaschen,** entweder in flachen Schalen oder in besonderen Waschkästen. Verfügt man über fließendes Wasser, so genügen ½—1 Stunde, andernfalls wird das Wasser 6—8 mal in Zwischenräumen von je 10 Minuten erneuert. Schließlich wischt man vorsichtig unter der Brause oder unter Wasser die Gelatineschicht mit den flach aufgelegten Fingerspitzen

ab, um alle anhaftenden Niederschläge aus dem Wasser von der Oberfläche der Schicht zu entfernen. Dann stellt man die Platte zum **Trocknen** auf.

Wir haben nun die Möglichkeit, ein fertiges Negativ durch nachträgliche Behandlung zu verstärken oder abzuschwächen. Die **Verstärkung** hat natürlich nur dann Sinn, wenn auf dem Negativ alle Einzelheiten und alle Helligkeitsintensitäten in zufriedenstellender Weise angedeutet sind und nur wegen der Zartheit der Niederschläge keine brauchbare Kopie zu liefern vermögen. Wollte man bei unterexponierten, hart entwickelten Platten durch Verstärken in den detaillosen Schatten Nachhilfe schaffen, so würden die Gegensätze nur noch vermehrt werden. Es ist eigentlich selbstverständlich, daß da, wo nichts vorhanden ist, auch nichts verstärkt werden kann; aber dennoch machen viele Anfänger diesen großen Fehler.

Das Verstärken beruht auf einer Vergrößerung der einzelnen Silberpartikelchen. Es führt daher jede Verstärkung zu einer Vergröberung des Silberkorns. Verfasser hält den **Uranverstärker** für den wirksamsten von allen, wenn es sich um eine ausgiebige Verstärkung handelt. Man bereite 2 Lösungen:

1.	Urannitrat	1 g
	Wasser	100 g
2.	Rotes Blutlaugensalz . .	1 g
	Wasser	100 g

und mische vor dem Gebrauche der Reihe nach

Lösung 1	50 ccm
Eisessig	10 ccm
Lösung 2	50 ccm.

Der Eisessig wird zugesetzt, um ein leichteres Eindringen der Lösung in die Gelatineschicht zu ermöglichen. Wie bereits erwähnt, kommt es vor, daß stark gegerbte Platten

trotz alledem die Lösung ungleichmäßig annehmen. Wird die Lösung vor Licht und Luft geschützt, so hält sie sich längere Zeit und ist wiederholt zu benutzen. Der entstehende braune Niederschlag wird abfiltriert. Allerdings ist die Haltbarkeit des gebrauchten Verstärkers viel geringer, als gewöhnlich angegeben wird. Nach der dritten Benutzung findet meist nur eine Gelbfärbung der Schicht statt, aber keine Vergrößerung der Silberteilchen. Es ist daher ratsam, die Lösung immer frisch zu bereiten. Vor dem Verstärken wird die Platte etwa 10 Minuten in Wasser eingeweicht. damit sie die Lösung gleichmäßig annimmt. Absolute Vorbedingung ist auch hier, daß alles Fixiernatron gründlich beseitigt ist, weil sonst Flecken entstehen. Häufig beginnt die Verstärkung sehr unregelmäßig, so daß es scheint, als ob die Platte unrettbar verloren wäre. Sobald man aber unter fortwährendem Schaukeln abwartet, wird schließlich die Schicht gleichmäßig. Die Dauer der Verstärkung schwankt nach dem erwünschten Grade. Bei geringer Verstärkung genügen 1—2 Minuten, während für stärkere Deckung die doppelte Zeit nötig ist. Man wird unter allen Umständen gut tun, die Platte erst zu verstärken, nachdem sie vorher getrocknet war. Würde man unmittelbar nach vollendetem Waschen die Verstärkung vornehmen, so entstehen fast immer Flecke. Nach Vollendung des Prozesses wird die Platte so lange im Wasser gewaschen, bis es, ohne Streifen zu bilden, glatt abläuft. Hierzu sind 5—10 Minuten erforderlich. Längeres Waschen hebt einen Teil der Verstärkung wieder auf. Auch hüte man sich, mit den Fingern oder einem Pinsel die Schicht abzureiben, weil dadurch lokale Abschwächungen entstehen. Dasselbe kommt zu stande, wenn beim Trocknen sich auf der Schicht Tropfen ansammeln. Sie sind vorsichtig zu entfernen. Eisenhaltiges Wasser gibt zu Flecken, meist grünen, Veranlassung.

Etwas weniger ausgiebig in seiner Wirkung ist die Verstärkung mit Quecksilber. Man löst

Quecksilberchlorid (Sublimat) . .	2 g
Bromkali	2 g
in warmem Wasser	100 g.

Nachdem das vorher trocken gewesene Negativ gut eingeweicht ist, wird es in diese Lösung gebracht. Der schwarze Silberniederschlag wird allmählich grau und endlich durch und durch weiß. Jenachdem die Verstärkung eine mehr oder weniger intensive werden soll, läßt man die Platte bis zur Grau- und Weißfärbung in dem angegebenen Bade liegen. Dann wird sie sehr gründlich, etwa 15 Minuten, in fließendem Wasser ausgewaschen und übertragen in:

Natriumsulfit . .	10 g
Wasser	80 ccm

oder in gewöhnlichen Metol-Hydrochinon Entwickler. Hierin tritt wieder eine Schwärzung des Silberniederschlages ein, anfangs zumeist sehr unregelmäßig in Streifen. Man lasse sich aber nicht beirren und hebe die Platte nicht früher heraus, als bis sie völlig, auch von der Rückseite betrachtet, schwarz geworden ist. Dann wird sie 10 Minuten lang gewaschen und zum Trocknen aufgestellt. Anhaftendes Fixiernatron oder mangelhaftes Auswaschen nach der Quecksilberverstärkung führt zu Gelbschleiern.

Haben die Platten Schleier, so werden diese natürlich mit verstärkt und müssen daher unbedingt vorher beseitigt werden. Einigermaßen dicht verschleierte Platten sind von der Verstärkung überhaupt auszuschließen. Die Beseitigung der Schleier geschieht durch eine vorsichtige **Abschwächung.** Es werden gelöst:

1. Rotes Blutlaugensalz	10 g
Wasser	100 ccm
2. Fixiernatronlösung (1 : 6) . . .	15 ccm
Wasser	100 ccm.

Zu Lösung 2 werden etwa 5 ccm Lösung 1 hinzugefügt, das vorher eingeweichte Negativ hineingebracht und unter fortwährendem Schaukeln so lange darin gelassen, bis der Schleier deutlich durchsichtiger erscheint und die unbelichteten Ränder der Platten klar geworden sind. Dann wird gut gewaschen, ein Bad zur Zerstörung des Fixiernatrons eingeschaltet und erst nach dessen Abwaschen die Verstärkung vorgenommen. Die Lösung 1 ist immer kurz vor dem Gebrauche frisch anzusetzen.

Das gleiche Bad, nur mit vermehrtem Zusatz von Lösung 1, wird auch zur allgemeinen Abschwächung von Negativen verwendet. Man läßt die Platten so lange liegen, bis das gewünschte Resultat eingetreten ist und wäscht dann gut ab. Die gebrauchte Lösung ist nicht haltbar und wird fortgegossen. Das Abschwächen beruht auf einer teilweisen Entfernung der Silberpartikelchen durch Bildung von Ferrocyansilber, welches sich im Fixiernatron löst.

Ist nun schließlich das Negativ fertig und getrocknet, so kann es ohne weiteres zum Kopieren dienen. Sehr häufig aber wird eine gewisse **Retouche** nötig sein. Die Retouche ist zwar eigentlich Sache geübter Fachleute, aber dennoch kann auch der Amateur durch geschickte Anwendung manche vortreffliche Resultate erzielen. Man hat gar viel gepredigt, daß Aufnahmen wissenschaftlicher Objekte nicht retouchiert werden sollen. Das ist ebenso richtig wie falsch. Wenn damit gesagt sein soll, daß alle Plattenfehler, unschöne Hintergründe und andere durch unvollkommene Aufnahmetechnik bedingte Unschönheiten stehen bleiben sollen, so ist das übertrieben. Wer die einfache Methode, die hier in Betracht kommt, nicht genügend beherrscht, soll freilich von Platten, die als Beweisstücke dienen sollen, die Hände weglassen, und gerade die eigene Ohnmacht hat wohl manchen die unbedingte Verdammung der Retouche aussprechen lassen. Verfasser steht zwar auch auf dem Stand-

punkte, daß es besser ist, wirklich tadellose Aufnahmen zu machen, als Kunststücke mit der Retouche auszuführen, daß aber da, wo sie, ohne die Objektivität des dargestellten Gegenstandes zu schädigen, möglich ist, eine Retouche ihre völlige Berechtigung hat. Bezüglich der Technik sind die photographischen Lehrbücher nachzusehen.

Zur Herstellung der positiven Papierbilder sind heute fast ausschließlich in Gebrauch die **Gelatine-** und **Celloïdin-Chlorsilber-Emulsionspapiere.** Welches von beiden das bessere ist, gehört zu den unlöslichen Streitfragen. Celloïdinpapier dürfte das gegenwärtig am meisten gebrauchte von allen photographischen Papieren sein. Verfasser liebt es gar nicht, wenngleich seine Vorzüge, hohe Lichtempfindlichkeit, reiche Abstufung der Töne und bequeme Behandlung nicht geleugnet werden sollen. Aber die Haltbarkeit, sowohl des unbelichteten Papieres, wie der fertiggestellten Bilder, ist nach seiner Ansicht nicht so groß, wie beim Gelatinepapier. Dies gilt namentlich von den im Tonfixierbade behandelten Kopieen. Außerdem ist die Bildschicht des Celloïdinpapieres ungemein empfindlich und leicht verletzlich, und es hat außerdem noch die unangenehme Eigenschaft, sich in den Bädern, die es zur Fertigstellung durchzumachen hat, einzurollen, wodurch eine gleichmäßige Bearbeitung erschwert wird. Aber es ist Mode und da hilft kein Reden und Beweisen. Besser ist das Gelatinepapier. Wer in Deutschland keine guten Papiere findet, wende sich den vorzüglichen englischen Fabrikaten zu, bis auch unsere Fabrikanten wieder gutes Material liefern.

Das **Kopieren** der Bilder geschieht in sogenannten **amerikanischen Kopierrahmen** ohne Spiegelscheibe. Will man in einem solchen Rahmen kleinere Platten kopieren, als die, für deren Maximalgröße er bestimmt ist, so legt man eine blasenfreie, möglichst gleichmäßige, gut abgewaschene Glasplatte in den Rahmen ein und erst darauf das kleinere

Negativ. Dies muß so gelegt werden, daß es nach dem Auflegen des Deckels von dessen beiden Teilen bedeckt ist, damit es beim späteren Nachsehen von der einen Hälfte unverrückt in seiner Lage gehalten wird. Dabei ist sorgfältig jeder allzu starke Druck zu vermeiden, weil sonst die eingelegte Scheibe, wie das Negativ, leicht springen können. Vorteilhaft ist es, damit das Papier gut anliegt, zwischen Deckel und Papier noch einige Lagen weichen, glatten Papieres zu legen.

Die **Tonung** und die **Fixage** der Kopieen geschieht am besten in getrennten Bädern. Die Fabrikanten legen ihren Papieren Gebrauchsanweisungen bei, und es dürfte ratsam sein, ihren Angaben genau zu folgen. Bei der großen Anzahl der vorhandenen Papiere soll daher an dieser Stelle kein besonderes Rezept angegeben werden. Nach dem Tonen werden die Bilder gewaschen und fixiert. Bei Gelatinebildern ist die aufgeweichte Schicht sehr empfindlich und mit besonderer Vorsicht zu behandeln. Man vermeide jede Berührung der Schicht mit den Fingern. Um die letzteren Papiere etwas widerstandsfähiger zu machen, kann man sie nach dem Tonen gerben, indem man dem Fixierbad etwas Formalin zusetzt (2—5 %). Eine Härtung der Celloïdinschicht ist nicht möglich.

Unter Umständen kann es erwünscht sein, den Bildern **Hochglanz** zu geben. Früher war das für alle Bilder sehr beliebt, während in der Gegenwart die matten Schichten wegen ihrer ruhigeren Wirkung mit Recht vorgezogen werden. Eigentlicher Hochglanz ist nur für sehr feine Mikrophotogramme und verwandte Gegenstände erwünscht. Bei Gelatinebildern wird er durch **Aufquetschen** auf Ebonit-, Glas- oder gut lackierte Ferrotypplatten erzeugt. Ohne eine geeignete Vorpräparation bleiben jedoch die Bilder an der Unterlage haften. Am einfachsten, weil am leichtesten zur Hand, verwendet man Glasplatten.

Sie werden mit Seife gut abgewaschen, gründlich abgespült und mit alter reiner Leinwand sauber abgetrocknet. Dann wird von einer 1 %igen Lösung von Wachs in Terpentin so viel auf die Scheibe gegossen, daß es sich ohne Mühe über die ganze Fläche verteilen läßt und nun mit einem reinen Flanelllappen der größte Teil durch kräftiges Reiben wieder entfernt. Auf diese Weise bleibt nur eine äußerst dünne und geringfügige Wachsschicht auf der Oberfläche des Glases. Um ganz sicher zu gehen, wird diese Schicht noch mit einem Gemisch von 4 Teilen gepulvertem Asbest, sogen. Federweiß, und einem Teil Talkum, welches in ein feinmaschiges Leinensäckchen gefüllt ist, gleichmäßig eingestaubt und dann nochmals durch kräftiges Abreiben mit einem Flanelllappen eine gleichmäßige, dünne Puderschicht erzeugt. Erst auf diese so vorbereitete Platte kommt das Gelatinebild. Um ein gleichmäßiges, glattes Anliegen zu erreichen, und namentlich um die Bildung von Luftblasen zu umgehen, wird die Platte in eine Schale mit reinem, durch Kochen von Luft befreitem Wasser, welches selbstverständlich wieder abgekühlt sein muß, hineingelegt, und das Bild mit der präparierten Seite nach unten unter Wasser auf die präparierte Glasseite gelegt. Nun hebt man beide zusammen allmählich, von einer der schmalen Seiten beginnend, langsam heraus und läßt abtropfen. Dann wird das Bild mit Fließpapier bedeckt und mit dem Handballen gleichmäßig und leicht angedrückt. Die vielfach beliebten Gummirollenquetscher sind durchaus entbehrlich. Man läßt das Bild bei gewöhnlicher Zimmertemperatur trocknen, und falls es nicht von selber abspringt, lüftet man durch Unterschieben einer flachen Messerklinge die Ränder und zieht das Bild dann ab. Sind die Bilder nicht gegerbt, und werden sie in der Wärme getrocknet oder auf mangelhaft vorbereitete Platten aufgetragen, so bleiben sie mit großer Sicherheit hängen und sind damit verloren. Viele

besorgen das Aufquetschen der Bilder erst dann, wenn sie bereits getrocknet waren und weichen die Schicht kurz vorher in Wasser unvollständig auf. Allerdings lösen sich derartig behandelte Bilder leichter ab, aber der Hochglanz wird häufig nicht gleichmäßig.

Einfacher als das getrennte Tonen und Fixieren erscheint auf den ersten Blick die Verwendung von sogenannten **Tonfixierbädern,** bei denen diese beiden Prozesse in einer und derselben Lösung erfolgen. Weil ihre Verwendung scheinbar sehr bequem ist und insbesondere auch, weil der Ton, welchen die Bilder in dem Bade erhalten, nahezu der gleiche ist, den sie nach ihrer Fertigstellung zeigen, so haben die Tonfixierbäder in den Laienkreisen die weiteste Verbreitung gefunden. Für Emulsionspapiere bieten sie in der Tat mancherlei Vorteile, jedoch sind folgende Vorschriften auf das genaueste zu befolgen, wenn die Bilder haltbar sein sollen. Die fertigen Kopien, die erheblich dunkler kopiert sein müssen, als sie fertig aussehen sollen, kommen nicht direkt in das Tonfixierbad, wie die beigegebenen Gebrauchsanweisungen verlangen, sondern erst nach gründlichem Waschen zur Befreiung von dem überschüssigen Silbernitrat. Dann kommen die einzelnen Blätter in das Tonfixierbad. Es dürfen fernerhin die Tonfixierbäder nicht allzusehr ausgebraucht werden und müssen, wenn sie beginnen zu langsam zu arbeiten, durch Zusatz einiger Tropfen Chlorgoldlösung das bereits verbrauchte Gold wieder zugeführt erhalten. Alte Bäder tonen auch, ohne nur eine Spur von Gold zu enthalten. Dies beruht darauf, daß in den sauren Bädern sich aus den schwefelhaltigen Chemikalien bei dem Tonprozeß Schwefel abspaltet, der sich mit dem Silber des Bildes zu Schwefelsilber verbindet, welches in seinem Aussehen der Goldfärbung ähnelt, aber keineswegs haltbar wie jene ist. Diese sogenannte Schwefeltonung führt dazu, daß die Bilder sehr bald fleckig wer-

den, vergilben und nahezu ganz verschwinden Weiterhin ist darauf zu achten, daß durch gründliches Fixieren in Wasser leicht lösliche, unterschwefligsaure Silberverbindungen entstehen. Am sichersten wird dieses Ziel dadurch erreicht, daß nach dem Tonfixieren die Bilder gründlich ausgewaschen und in einem frisch bereiteten, durch tropfenweisen Zusatz von Ammoniak jeder Spur von Säure beraubten Fixierbade (1 : 20) 5—10 Minuten nachfixiert werden. Wird vor dem zweiten Fixierbade nicht gewaschen, um die anhaftenden Chemikalien und Säuren nach Möglichkeit zu entfernen, und wird das Nachbad nicht sorgfältig auf seine Säurefreiheit geprüft, so hat es wenig Wert. Ein gutes Tonfixierbad ist folgendes:

Wasser	1000 g
Unterschwefligsaures Natron . .	250 g
Essigsaures Blei	10 g
Zitronensäure	7 g
Rhodanammonium	30 g
Alaun	8 g

Beim Hinzufügen der Zitronensäure tritt infolge teilweiser Zersetzung des unterschwefligsauren Natrons eine Trübung durch ausgeschiedenen Schwefel ein. Der Zusatz von Blei hat den Zweck, den entstehenden Schwefel zu binden und als Schwefelblei niederzuschlagen, bevor er zu einer Zersetzung des Silbers Veranlassung gibt. Nach völliger Lösung gibt man Schnitzel und Abfälle von unfixiertem Papier hinzu, läßt das Ganze unter häufigem Schütteln 8 Tage lang stehen, und filtriert dann. Unter starkem Umrühren werden sodann in dünnem Strahle 75 ccm Chlorgoldlösung 1 : 200 hinzugefügt. Je länger dieses Bad gestanden hat und je vollständiger die Ausscheidung des Schwefels erfolgt ist, um so dauerhaftere Resultate liefert es und sollte daher nicht in Gebrauch kommen, bevor es ein Alter von mindestens 4 Wochen erreicht hat.

Die Bilder kommen, wie bereits gesagt, erst nach gründlichem Auswaschen in reinem Wasser in dieses Bad. Namentlich für Celloïdinpapier empfiehlt es sich, nach dem Wässern noch ein einprozentiges Ammoniakbad vor dem Tonen einzuschalten. Trotz alledem ist die Haltbarkeit problematisch. Gelatinepapiere halten besser.

Die einzelnen Blätter werden mit der Schicht nach unten in das Bad gebracht und alsbald umgekehrt, um die anhängenden Luftblasen zu entfernen. Man soll nicht mehr als zwei Bilder auf einmal in die Schale legen, um den Prozeß genügend verfolgen zu können. Bleiben Luftblasen haften, so tont das Bild an dieser Stelle nicht und bleibt gelb. Zunächst färbt sich das ganze Bild rötlichgelb und nach etwa 5 Minuten, wenn der größte Teil des Silbers gelöst ist, beginnt die Tonung, welche so lange fortzusetzen ist, bis das Bild in der Aufsicht den gewünschten Ton erreicht hat. Bei diesem Bade müssen die Töne sämtlich mehr braun als blau gehalten werden, um Schwefeltonung zu vermeiden. Ganz frische oder kalte Bäder tonen ungemein langsam. Bei einer Temperatur von etwa 18° C. ist das Bild in 10—12 Minuten fertig.

Ein anderes Tonfixierbad, welches eine etwas geringere Gefahr der Schwefeltonung bietet und selbst in frischer Lösung gut tont, ist das **Borsäure-Tonfixierbad** (Gaedike-Krügener):

Destilliertes Wasser	600 g
Unterschwefligsaures Natron . .	200 g
Rhodanammonium	20 g
Borax	5 g

und nacheinander hinzugesetzt die Lösungen:

1. Heißes destilliertes Wasser . .	350 g
Krystallisierte Borsäure	30 g
Alaun	10 g
Kohlensaures Ammoniak . . .	1 g

Beim Zufügen des kohlensauren Ammoniaks tritt eine Gasentwicklung und ein flockiger Niederschlag ein.

2. Bleinitrat . . . . . 15 g
Heißes Wasser . . . . . 50 g

Diese Mischung wird tüchtig geschüttelt, nach 24stündigem Klären filtriert und hinzugefügt 120 ccm einer Chlorgoldlösung von 1 : 200. In dem angegebenen Quantum lassen sich etwa 10 Bogen Papier tonen (Schmidt). Hat man das Bad etwa zur Hälfte ausgenutzt, setzt man nochmals eine Lösung von 5 g Borax in möglichst wenig heißem Wasser hinzu. Das Tonen erfolgt in den angegebenen Bädern schneller, wenn die Schichtseite nach unten liegt. Der, bei gebrauchten Tonfixierbädern entstehende Niederschlag, wird vor jedem neuen Gebrauche abfiltriert.

Nach beendigtem Tonen wird in fließendem Wasser zwei Stunden gründlich ausgewaschen. Dabei dürfen die Bilder nicht aneinanderhängen und sich gegenseitig bedecken. Endlich werden sie auf Fließpapier gelegt oder noch besser an Kopierklammern aufgehängt und getrocknet. Wer nach den angegebenen Vorschriften arbeitet, wird mit Tonfixierbädern relativ gute Resultate erhalten, aber zugeben, daß die Einfachheit der Behandlung gegenüber der getrennten Tonung nur eine scheinbare ist.

Statt auf Papier tragen einige Firmen die gleichen Emulsionen auch auf Glas auf. Derartige Bilder eignen sich namentlich auf mattem oder auf Milchglas zu Demonstrationen und Ausstellungszwecken. Einige Schwierigkeit bildet dabei das Kopieren, weil unter Verwendung gewöhnlicher Rahmen das Fortschreiten des Kopierprozesses nicht zu beobachten ist. Man braucht daher entweder einen besonders konstruierten Rahmen, welcher gestattet, Negative und Positive in unverrückbarer Lage zu einander festzuhalten, wenn der Rahmen geöffnet wird, oder man kopiert unter einem analogen Negativ gleichzeitig auf Papier ein Kontrollbild und

setzt nach Fertigstellung der Papierkopie das Kopieren des Glasbildes noch um ein Geringes weiter fort. Die Weiterbehandlung geschieht am einfachsten in Tonfixierbädern.

Diese Art der **Diapositivplatten** ist aber entbehrlich. Besser sind solche mit Chlorbromsilberemulsion und nachheriger Entwicklung. Derartige Platten dienen insbesondere zur Herstellung der **Projektionsbilder.** Sie sind erheblich empfindlicher als Papier und wie die Bromsilberplatten bei rotem Lichte zu behandeln. In Deutschland fabrizieren gute Platten Perutz, Unger & Hoffmann, Anilinfabrik, Steinschneider und andere, welche den englischen Fabrikaten von Edwards, Thomas u. s. w. ebenbürtig an der Seite stehen. Die Hauptbedingung für ein gutes Diapositiv ist, daß die hellen Stellen durchaus klar bleiben, die Schatten hinreichend gedeckt und dennoch bis zu einem gewissen Grade transparent erscheinen, und die Halbtöne eine reiche Abstufung zeigen. Diesen Bedingungen ist nur dann erfolgreich zu entsprechen, wenn eine durchaus richtige Expositionszeit eingehalten wird.

Das **Kopieren der Diapositive** geschieht im Kopierrahmen genau so wie bei Papier, jedoch muß bei dem Auflegen der Platte auf das Negativ jeder zwischenliegende Staub sorgfältig entfernt und vorsichtig verfahren werden, um das Original nicht zu verkratzen. Da die Diapositivplatten verhältnismäßig dünn und mit einer ziemlich durchscheinenden, glänzenden Schicht überzogen sind, so ist es für den Anfänger nicht leicht, Glas- und Schichtseite zu unterscheiden, weil das Kriterium, welches bei gewöhnlichen Trockenplatten gilt, spiegelnde Glasseite, matte Schichtseite, fast ganz wegfällt. Immerhin läßt sich ein geringer Unterschied bei genauem Zusehen feststellen. Sicherer ist die Beurteilung durch das Gefühl. Die Glasseite ist für die tastende Fingerspitze völlig glatt, während die Schichtseite einen geringen Widerstand bietet, der noch deutlicher bei

leisem Kratzen mit dem Fingernagel zu fühlen ist. Daß alle derartigen Versuche nur an einer Ecke oder dem äußersten Rande vorgenommen werden müssen, ist selbstverständlich.

Liegt Schicht auf Schicht, so wird der Kopierrahmen geschlossen und bei künstlichem Lichte exponiert. Bequem ist es, wenn eine Gasflamme zur Verfügung steht. Während des Einlegens der Platte, welches, wie gesagt, bei rotem Lichte erfolgt, wird die Flamme so niedrig geschraubt wie irgend möglich und nach erfolgter Vorbereitung der Gashahn wieder geöffnet. Ebenso bequem ist elektrisches Glühlicht. Auch jede gut brennende Petroleumlampe, Gasglühlicht etc. kann benutzt werden. Die Lichtstrahlen sollen die Platte senkrecht treffen, weshalb jede stärkere Neigung der Kopierrahmen zu vermeiden ist. Dichte Negative werden dem Lichte unmittelbar ausgesetzt, mitteldichte unter einer Mattscheibe, flaue unter einer schwachen Gelbscheibe. Eine weitere Möglichkeit, die Lichtwirkung zu regulieren, besteht in der größeren Annäherung oder Entfernung der Lichtquelle. Als geringster Abstand sind ca. 50 cm einzuhalten. Dichte Negative werden näher an die Flamme herangebracht als dünnere, die je nachdem 1—2 m abstehen müssen. Die Expositionszeit richtet sich nach der Empfindlichkeit des jeweils gebrauchten Fabrikates, der Dichtigkeit des Negativs, dem Abstand von der Lichtquelle und deren Helligkeit. Allgemein gültige Regeln lassen sich schwer geben. Den Platten liegen Gebrauchsanweisungen bei, nach denen zu arbeiten ist. Gute Entwickler sind Glycin und namentlich Metol-Hydrochinon mit viel Bromkali. Öfter gebrauchte Entwicklerlösungen geben oft unschöne, graue, oder grünliche Töne.

Ein Mittel, die Wirkung der Diapositive wesentlich zu erhöhen, besteht in der **Kolorierung** der fertigen Bilder mit Anilinfarben. Diese Methode ist schon ziemlich alt,

kommt aber erst neuerdings durch die von Vereinen eingerichteten Projektionsabende zu allgemeinerer Geltung. Die Anilinfarben werden für den gedachten Zweck in fester und flüssiger Form von Dr. Jacobsen in Berlin in guter Qualität hergestellt. Das Bemalen geschieht am besten auf einem Retouchierpult. Das zu kolorierende Diapositiv soll nicht allzu dunkel gehalten sein. Eine Anzahl der verwendeten Farben hat eine große Neigung, sich mit der Gelatine zu verbinden, während bei anderen dieses Bestreben weniger ausgesprochen ist. Farben, die sich leicht mit der Gelatine verbinden, sind in weit stärkerer Verdünnung aufzutragen, als die übrigen. Das Mischen der einzelnen Farben ist nicht in allen Fällen möglich, da sie vielfach miteinander Verbindungen eingehen, die zu einem schwärzlichen Niederschlag Veranlassung geben und die Grundfarben aufheben. In solchen Fällen ist es besser, statt die Farben von vornherein zu mischen, sie nacheinander aufzutragen. Das Malen selbst geschieht in folgender Weise: zunächst wird das Positiv mit einem der bei der Aquarellmalerei üblichen Waschpinsel in ganzer Ausdehnung mit Wasser eingeweicht. Dann übermalt man zuerst die größeren Partien mit den betreffenden Farben in sehr starker Verdünnung ohne große Ängstlichkeit rasch, und sobald der Auftrag der Farbe vollendet ist, wird jedesmal mittelst Waschpinsel und reinem Wasser die betreffende Partie wieder übergangen. Verwendet man zu konzentrierte Farben und spült nicht genügend nach, so werden die einzelnen Pinselstriche sichtbar und verderben das Bild. Die grünen Anilinfarben haben alle eine mehr oder weniger blaue Nuance und außerdem wenig Neigung, die Gelatine zu färben. Sie müssen infolgedessen in etwas stärkerer Konzentration aufgetragen werden. Um die lichteren Partien im Grün zu heben, wird dann mit einem dünnen Gelb- oder Lichtbraun übermalt. Würde man gelb und blau von vornherein zu grün mischen,

so würde die Schicht fast nur durch den gelben Farbstoff gefärbt, während das Blau nur einen minimalen Eindruck hinterläßt.

Genügt eine einmalige Übermalung nicht, so wird lieber zwei- oder dreimal übermalt, als eine stärkere Konzentration genommen. Eine genauere Beschreibung bis in ihre Einzelheiten ist natürlich bei den vielen Möglichkeiten nicht zu geben, und es bleibt dem Geschmack und dem Geschick des Einzelnen anheimgestellt, jeweils die richtige Farbe aufzutragen. Auf äußerste Naturähnlichkeit kommt es dabei gar nicht an. Einige Berücksichtigung verdient auch noch die Lichtquelle, die bei der Projektion zur Verwendung kommt. Am einfachsten liegen die Verhältnisse beim elektrischen Bogenlichte, weil in ihm die Farben fast geradeso erscheinen wie bei Tageslicht. Andere Lichtquellen, wie z. B. Zirkon-, Petroleumlicht u. s. w. enthalten so viele gelbe Strahlen, daß man unbedingt die Farben ihnen anpassen muß. Wenn die größeren Partien übermalt sind, so geht man allmählich unter Benutzung immer feinerer Pinsel zur Ausführung der Details über. Man sei hier ja nicht zu ängstlich und kleinlich, weil sonst ein fleckiges und unharmonisches Bild entsteht. Der ganze Prozeß soll mehr ein Tonen, als ein Malen sein. Im übrigen ist die ganze Ausführung ungemein einfach und leicht zu erlernen und erfordert keine besondere zeichnerische oder künstlerische Vorbildung. Die vollendete Ausführung der Bemalung erfordert allerdings einige Übung, und man lasse sich nicht durch die anfänglichen Mißerfolge abschrecken.

Sind die Diapositive soweit fertiggestellt, so werden sie zum Schutze mit einer **Deckplatte** aus dünnem, weißen und schlierenfreien Glase bedeckt, und die beiden Platten mit schwarzem, gummierten Papier zusammengeklebt. Alle nicht zur Projektion bestimmten seitlichen Bildteile werden durch zwischengelegte, entsprechend geformte Mas-

ken aus schwarzem Papier verdeckt. Eine gute Umrahmung vermag die Wirkung eines Bildes wesentlich zu erhöhen. Mitunter wird man genötigt sein, die Ränder mit Abdeckfarbe zu decken.

Sollen von größeren Platten Diapositive für Projektionszwecke im Formate $8^1/_2 : 10$ cm oder $9 : 12$ hergestellt werden, so muß dies mit Hilfe der Camera geschehen. Das Negativ wird im durchfallenden Licht gut beleuchtet und in gewöhnlicher Weise mit der Camera in der jeweils gewünschten Verkleinerung auf Diapositivplatten aufgenommen. Um recht klare Bilder zu erhalten, ist es dabei nötig, alles Licht außer dem durch das Negativ hindurchgehenden vom Objektiv fern zu halten. Dazu kann eine der im Handel befindlichen Spezialcameras dienen. Unbedingt ist sehr scharfe Einstellung, ein gutes Objektiv und kleine Blende nötig. Viele Praktiker stellen die Diapositive überhaupt in der Camera her.

Wer keine derartigen Hilfsmittel zur Verfügung hat, muß sich so behelfen, daß er den Zwischenraum zwischen Negativ und Stirnbrett der Camera durch schwarze Tücher bedeckt, oder eine mit entsprechendem Ausschnitte für Negativ und Objektiv versehene Holz- oder Pappkiste von genügender Länge als Vorsatz für seine Camera benutzt. Eine geschickte Improvisation ersetzt auch hier teure Apparate. Die Expositionszeiten sind der geringeren Empfindlichkeit der verwendeten Platten wegen erheblich größer, als bei Bromsilberplatten.

Es lassen sich nun auch noch durch Auftragen ähnlicher Emulsionen, wie sie zur Herstellung der Trockenplatten verwendet werden, auf photographisches Rohpapier Kopierpapiere herstellen, welche bei nachträglicher Entwicklung nach Art der Trockenplatten bei künstlichem Lichte Kopien herzustellen gestatten. Diese **Bromsilberpapiere** haben mancherlei Vorzüge vor den Auskopierpapieren. Einmal

machen sie den Photographen unabhängig von den Launen des Wetters und gestatten ihm, mit viel größerer Schnelligkeit zu arbeiten, und sodann ist der Ton der Bilder ein weit angenehmerer als der alte Photographieton. In neuerer Zeit haben einige Firmen komplizierte Maschinen gebaut, welche gestatten, Negative automatisch auf derartige Papiere zu kopieren. Diese Maschinen sind so eingerichtet, daß das Bromsilberpapier vor dem Negativ vorübergezogen und automatisch belichtet wird. Ein weiterer Teil der Maschine besorgt dann das Entwickeln, Fixieren und Wässern der Bilder. So ist die Möglichkeit gegeben, zur Illustration wissenschaftlicher Abhandlungen Originalkopien verwenden zu können, welche unter Umständen eine getreuere Wiedergabe des Gegenstandes gewährleisten, als selbst die feinsten Reproduktionsverfahren. Allerdings ist der Preis ein etwas höherer als bei Lichtdruck. Aber das dürfte kein Grund sein, bei wichtigen Publikationen dieses neue Hilfsmittel zu umgehen. Es ist im wesentlichen die Neue photographische Gesellschaft in Steglitz-Berlin, welche sich mit diesem Verfahren beschäftigt. Bei ihren maschinellen Einrichtungen ist aber immer annähernd ein Quadratmeter Negative erforderlich, welche alle nahezu gleichartig beschaffen sein müssen, um gleichmäßige Kopien zu erzielen. Jedoch gibt es auch kleinere Maschinen für einzelne Platten.

Außer für Kontaktkopien findet das Bromsilberpapier seine ausgedehnteste Verwendung bei der Vergrößerung. Diese Papiere besitzen eine große Haltbarkeit und sind sehr einfach zu handhaben. Es ist daher schwer einzusehen, warum dies Papier in Laien- und Fachkreisen nicht die verdiente Verwendung findet. Im allgemeinen werden drei Sorten hergestellt, welche sich nur durch die Beschaffenheit des verwendeten Rohpapieres unterscheiden. Diese drei Papiersorten sind das gewöhnliche photographische

Rohpapier, ein etwas stärkeres, mit einem Überzuge von Baryt und verschiedene kartonartige und rauhe Papiere. Während das letztgenannte vorzügliche Resultate für Landschafts-, Porträt- und ähnliche Aufnahmen liefert und nahezu das Ideal eines Vergrößerungspapieres ist, eignet sich für sehr feine Aufnahmen wissenschaftlicher Objekte, namentlich für Mikrophotogramme u. dergl., weitaus am meisten das glatte und glänzende Barytpapier.

Die Exposition geschieht in der gleichen Weise, wie es beim Diapositivverfahren beschrieben ist, jedoch beträgt die Expositionszeit wegen der höheren Empfindlichkeit der Emulsion erheblich weniger. Die genaue Bestimmung erfolgt am besten durch den Versuch. Ein Blatt wird in kleinere Stücke zerschnitten, ein Teil davon unter dem zu kopierenden Negativ belichtet und dann entwickelt. In der Regel wird ein einmaliger Versuch schon genügen, um einen sicheren Anhalt für die richtige Expositionszeit abzugeben. Ungefähr beträgt sie für normale Negative in einem halben Meter Entfernung von einem Gasschnittbrenner 10—12 Sekunden. Das Kopieren bei Tageslicht ist wegen der Unsicherheit und Ungleichmäßigkeit der Resultate unzweckmäßig. Bei den auf gewöhnlichem Papier hergestellten Emulsionspapieren kann man mitunter im Zweifel sein, welches die präparierte Seite ist. Man braucht das Papier dann nur lose auf den Tisch zu legen, und es wird sich dann mit der präparierten Schicht nach einwärts biegen. Selbstverständlich muß alles Hantieren mit diesem Papier bei rotem Lichte geschehen. Für das endgültige Resultat ist grundlegend die richtige Expositionszeit.

Nachdem das Papier belichtet ist, wird es etwa eine Minute lang in reinem Wasser eingeweicht, um ein glattes Anliegen auf dem Boden der Schale und ein leichteres Annehmen des nachfolgenden Entwicklers zu erreichen. Dabei achte man darauf, daß sich keine Luftblasen an die

Schichtseite ansetzen, und entferne etwa anhaftende vorsichtig unter Wasser mit den Fingern. Entwickelt wird mit frischen Lösungen von Rodinal in der Verdünnung von 1 : 40 Wasser mit je 2 Tropfen 10% Bromkalilösung auf jedem ccm Rodinal. Außerdem bewährt sich das Edinol für die Entwicklung vorzüglich.

Statt auf Papier hat man Bromsilberemulsionen auch auf Leinen aufgetragen, um eine Grundlage für die Ausführung von Ölgemälden zu schaffen. Von diesen Präparaten ist, soweit sie dem Verfasser bekannt sind, das **Photoleinen** von Dr. Hesekiel & Co. das beste. Die sehr regelmäßig gewebte, rein weiße Leinwand ist auf einem ziemlich starken Papier befestigt, welches dem Ganzen den nötigen Halt gibt. Die Emulsion enthält möglichst wenig Gelatine und besitzt im übrigen dieselben Vorzüge wie die sonstigen Entwicklungspapiere der genannten Firma. Auf diesem Photoleinen lassen sich ebenso kontrastreiche und schöne Bilder herstellen, wie auf gewöhnlichem Bromsilberpapier. Die Behandlung ist dieselbe wie bei Papier. Soll das Photoleinen bemalt werden, so kann man die Ölfarben direkt auf die Bildschicht auftragen. Zweckmäßig ist es allerdings, wenn die ganze Fläche vorher mit französischem Malfirnis recht dünn und gleichmäßig überzogen wird.

Die etwas rauhen Bromsilberpapiere lassen sich leicht mit Kreide-, Pastell-, und Aquarellfarben übermalen und können so als Grundlage dienen für farbige Zeichnungen und Tafeln. Die Kopierverfahren mit **Platin** und das feine **Pigmentverfahren** müssen wir der Erörterung der Lehrbücher überlassen. Mit dem Besprochenen kommt man für die gewöhnliche Praxis aus, jedoch ist jedem ernsten Photographen zu empfehlen, sich auch mit diesen und anderen Verfahren nach und nach vertraut zu machen.

Kurz sei zum Schluß noch der **Photographie in natürlichen Farben** gedacht. Von allen Verfahren ist für die

Zwecke des vorliegenden Buches nur das auf dem Prinzip des Dreifarbendruckes beruhende von der Firma Dr. A. Hesekiel & Co. in Berlin vertretene Verfahren brauchbar, welches ein farbiges Diapositiv liefert. Dies setzt sich zusammen aus einem roten, einem gelben und einem blauen Teilbilde, zu deren Erzeugung je ein entsprechendes Negativ, aufgenommen hinter einem blauen, grünen, roten Filter, nötig ist.

Das ganze notwendige Instrumentarium besteht in einem Rahmen für die drei dicht nebeneinander montierten Filter, der als Schlitten in einen Gleitkasten eingefügt ist. Eine passende Doppelkassete kommt fest auf den Filterschlitten. Der Gleitkasten kann sowohl an gewöhnliche, wie an die mikrophotographische Camera durch Zwischenstücke angepaßt und bald an dem einen, bald am anderen gebraucht werden.

Die Selbstherstellung der Filter ist sehr schwer und ebenso die passende Wahl der Farbentöne und -Intensitäten. Meist sind sie aus je zwei planen Glasscheiben mit gefärbten und zusammengekitteten Gelatine- oder Collodiumschichten kombiniert. Sind nicht alle drei Filter gleich dick, so decken sich die dadurch aufgenommenen Bilder nicht. Filter, Kassette, Gleitrahmen und Anpassung liefert die genannte Firma in vielfach erprobter Ausführung für das Format $6 \times 8^1/_2$ und 9×12 der Einzelaufnahmen.

Wichtig ist die Wahl passender Platten. Eine für alle drei Farben gleichempfindliche Platte gibt es nicht, und so bleibt nichts übrig, als die Filter und Platten aufeinander abzustimmen und durch geeignete Expositionszeiten drei gleichwertige Negative zu gewinnen und endlich die Farbe der positiven Bilder in den passenden Complementärtönen auf die Filter einzurichten. Um ein möglichst sicheres Arbeiten zu ermöglichen, hat Dr. Hesekiel die Herstellung aller Komponenten in die Hand genommen und liefert

jedem Käufer einer Filtereinrichtung die genaue Gebrauchsanweisung.

Naturgemäß sind die Belichtungszeiten für Tageslicht als Relativzahlen auf dem Filter angegeben. Für die künstlichen Lichtquellen müssen sie erst ausprobiert werden. Für mikrophotographische Zwecke macht man eine Aufnahme eines farblosen Objektes, z. B. eines Objektmikrometers und modifiziert die Belichtungszeiten so lange, bis man durch die drei Filter drei gleiche Negative erhalten hat. Zuerst legt man die Platte (Spektrumplatten von Cadett & Neall mit Hinterguß) unter möglichst völliger Abblendung des roten Dunkelkammerlichtes in die Kassette, die Kassette auf den Schlitten der Filter. Die Einstellung geschieht ohne Filter auf einer richtig eingepaßten Mattscheibe. Die erste Aufnahme geschieht hinter dem Rotfilter. Dann wird das Licht abgeblendet, Filter und Kassette bis zum nächsten Einschnappen der Haltefeder verschoben, exponiert und ebenso hinter Blau. Man erhält drei Negative auf derselben Platte, wenigstens beim Format 8 : 20 cm. Die drei Bilder sollen im Charakter gleich sein. Natürlich muß das Negativ ein gutes, gleich abgestuftes Negativ sein mit genügender Deckkraft. Richtige Farbenwiedergabe bekommt man nur bei richtiger Exposition, und diese zu ermitteln ist schwierig. Da aber jeder Mikrophotograph mit grünen Filtern arbeitet, so wird er erst hinter grün die Exposition ermitteln und dann die beiden anderen. Hat man endlich das bei Gebrauch der gleichen Lichtquelle konstante Verhältnis der drei Expositionszeiten zu einander festgelegt, notiert man sie auf dem Filter und hat dann immer nur nach der an der Vergrößerung, den Objektiven u. s. w. abhängigen absoluten Exposition die drei Relativen zu bemessen. Während bei den Filtern des Verfassers bei Tageslicht die relativen Zahlen für Rot, Grün, Blau, 95 : 25 : 10 sind, erfordert Kalklicht 18 : 8 : 10. Da man in der Regel durch Erfahrung die Ex-

position hinter dem Grünfilter ziemlich sicher beurteilt, ist die Exposition bei den Dreifarbenaufnahmen nicht schwerer, als bei einer einfachen Aufnahme, vorausgesetzt, daß die wichtigen Relativzahlen ermittelt sind. Das erfordert 2 bis 4 Proben.

Zur Entwicklung dient Metol-Hydrochinon mit entsprechendem Bromkalizusatz. Wer sich bei mangelhafter Exposition oder nicht guter Entwicklung bei der Beurteilung des Negativs Konzessionen macht, bekommt nie richtige Farben.

Ist das Negativ, bestehend aus drei Teilnegativen, auf einer Platte, fertig, wird es wie andere Platten fixiert, gewaschen und getrocknet. Damit man nun immer die verschiedenen Bilder auseinanderhält, bezeichnet man nach dem Einlegen der Platte, indem man den Kassettenschieber etwas aufzieht, den einen Plattenrand durch einen Bleistiftstrich entlang dem schmalen Kassettenrand. Das anstoßende Negativ ist dann immer das hinter Rot aufgenommene.

Die Positive stellt man folgendermaßen her: Zuerst wird von dem hinter dem Rotfilter aufgenommenen Negativ auf gewöhnliche Weise ein tadelloses Diapositiv hergestellt, schnell entwickelt und gründlichst ausgewaschen ohne zu fixieren. Nach etwa 20 Minuten langem Waschen in fließendem Wasser kommt das Diapositiv in ein Bad von 10 % rotem Blutlaugensalz in Wasser. Hier verschwindet, bleicht, das Bild in der Zeit von 1—4 Minuten fast völlig. Nun wird es wieder gründlich (10—15 Minuten) ausgewaschen und in eine ca. 2—4 % wässrige Lösung von Eisenchlorid gebracht, wo es blau wieder erscheint, nochmals kurz gewaschen und nun erst in frischem Fixiernatron 1 : 6 fixiert. Wer nicht sorgfältig arbeitet, bekommt gelbliche Schleier und damit unbrauchbare Bilder. Das fertige Bild muß glasklare Weißen und leuchtend blaue Töne zeigen. Zu dunkle und zu helle Bilder sind unbrauchbar. Erforder-

lich ist ein gutes Diapositiv, wie es zur Projektion verlangt wird. Nach sorgfältigem Waschen wird getrocknet.

Die hinter Grün- und Blaufilter aufgenommenen Teilbilder werden folgendermaßen kopiert: Man sensibilisiert Films von der gewöhnlichen Foliendicke — Rollfilms sind wegen des lästigen Rollens unangenehm — in einer $2^1/_2$ % wässerigen Lösung von doppelt chromsaurem Kali, indem man sie ca. 3—4 Minuten darin badet. Das geschieht bei gewöhnlichem Lampenlicht und trocknet die Films genau, wie es beim Pigmentprozeß üblich ist. In der Tat ist der ganze Vorgang ein Pigmentprozeß, das Pigment ist das weiße Bromsilber. Da seine Lichtempfindlichkeit belanglos ist, so kann man bereits exponierte oder zu Negativaufnahmen unbrauchbar gewordene Films verarbeiten. Das Trocknen der sensibilisierten Films muß in längstens 12 Stunden und in staubfreier Luft bei absoluter Dunkelheit geschehen. Am besten trifft man diese Vorbereitung am Abend vor dem Gebrauch. Sensibilisierte Films sind etwa acht Tage haltbar, wenn sie trocken, glatt, unter Druck und dunkel aufgehoben werden.

Vor dem Kopieren legt man den Film mit der Schicht auf reines Papier und reinigt die Rückseite sorgfältigst von anhaftenden Resten der Emulsion und der Kaliumbichromatlösung, denn das Kopieren erfolgt von der Rückseite. Es wird also die Celluloïd-, nicht die Schichtseite des Films auf die Schicht des Negativs gelegt und wie gewöhnlich im Kopierrahmen belichtet. Die Belichtungszeit ist kurz. Bei zerstreutem Tageslicht sind im Sommer 1—2 Minuten nötig. Das Bild erscheint in den Hauptumrissen als bräunliches Positiv auf dem gelben Grunde. Nach dem Kopieren wird in warmem Wasser entwickelt wie beim Pigmentdruck, worüber in den einschlägischen Büchern nachzulesen ist. Man verfolgt die Entwicklung, indem man die Folie gegen einen dunkeln Hintergrund, hält und bricht ab, wenn die Schatten

klar und das Bild in allen Tönen deutlich zu sehen ist. Würde man nicht von der Rückseite kopieren, so könnte man nicht entwickeln, da durch das Licht die chromierte Gelatine unlöslich wird.

Ist die Entwicklung vollendet, hat das Bromsilber seine Schuldigkeit als Pigment getan und wird durch Fixiernatronlösung entfernt. Nun bleibt das Positiv als farbloses Gelatinerelief, wird gewaschen und getrocknet.

Nach dem Trocknen färbt man die Bilder durch Baden in verdünnten Farblösungen. Diese sind am besten käuflich fertig zu beziehen, weil falsche Farbstoffe falsche Gesamtfarbe liefern oder aber von der Gelatine nicht angenommen, bezw. zu leicht wieder abgegeben werden. Das Grünbild badet man z. B. in einer Erythrosin-, das Blaubild in einer Brillantgelblösung, denen man als Beize 2 % Borax, Alaun, Chromalaun oder dergl. zusetzen muß, ganz ähnlich wie auch in der histiologischen Färbetechnik durch derartige Zusätze eine gute Färbekraft erzielt wird. Nach dem Tonen wird in Wasser so lange ausgewaschen — der Histiologe würde sagen differenziert — bis die hellsten Stellen farblos sind, und getrocknet.

Nun probiert man die drei Bilder aufeinander. Ist alles in Ordnung, so werden sie die natürlichen Farben so vollkommen wiedergeben, wie man es eben erreichen kann. Öfter wird aber bei den roten und gelben Bildern noch eine kleine Nachtonung oder Abschwächung durch Auswässern nötig sein, und darin beruht eine nur durch Erfahrung erwerbbare Kunstfertigkeit.

Endlich werden das Glasdiapositiv mit einem besonders käuflichen Lack — event. Zaponlack — und ebenso durch Eintauchen die beiden Celluloïdbilder beiderseitig durch einen anderen käuflichen Lack überzogen, und alle drei Bilder durch Kanadabalsam zusammengekittet und mit einer Deckscheibe versehen. Das Aufeinanderdecken gelingt

leicht, und wenn die Filter gut sind, passen die Einzelbilder genau aufeinander.

Bei Mikrophotographien dürfte man nur die Apochromate gebrauchen können, weil die Achromate nicht gleichgroße monochrome Bilder liefern. Besonders dankbar für die Farbenaufnahmen ist die Photographie der Polarisationserscheinungen. Spektren kann man nicht aufnehmen, sondern nur Mischfarben.

Leider kann auf dies interessante Gebiet im Rahmen dieses Buches nicht näher eingegangen werden, und es muß genügen, hier wie auf dem ganzen Gebiete Anregung zu eigener Weiterarbeit zu geben.

Nochmals sei mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß man ein so schwieriges Gebiet, wie die Mikrophotographie es ist, nicht durch ein literarisches Studium, nicht durch eine flüchtige Unterweisung, nicht durch Zusehen beherrschen lernt. Alles das ist nötig, aber die Sicherheit des Arbeitens kommt nur aus der eigenen Erfahrung und die eigene Erfahrung nur aus unermüdlichem, andauernden und ernsten praktischen Arbeiten. Ein praktischer Porträtphotograph, der sog. „Fachphotograph", muß drei Jahre lang in die Lehre gehen, mindestens ebenso lange als Gehilfe in verschiedenen Spezialstellungen, als Retoucheur, Kopierer, Operateur u. s. w. arbeiten, ehe er an selbständiges Arbeiten denken kann. Und wie mancher „wissenschaftliche" Photograph glaubt durch einen einmaligen Kursus, durch eine oft recht oberflächliche Lektüre eines Fachwerkes für seine Ausbildung genug getan zu haben. Alsbald stellt sich seine mangelhafte Leistungsfähigkeit heraus, und er steht am Scheidewege — wird er ein Stümper oder wird er ein Mikrophotograph! Leider erklären — des Verfassers Erfahrungen sind sehr groß auf diesem Gebiete — die meisten am Wendepunkte beim Versagen ihres Könnens, daß Lehrer und Literatur nichts taugen, und damit ist

ihr Geschick entschieden. Nur wenige machen sich nun an die eifrige Arbeit, füllen ihre Lücken aus im technischen Können, im theoretischen Wissen und gelangen mit den Jahren zum wirklichen Können! Möchten alle Leser dieses Buches diesen mühsamen, weiten Weg gehen, der ihnen, am Ziele angelangt, keine hohen Ehren, keine ruhmvolle Unsterblichheit bringt, sondern die Befriedigung durch eigene Arbeit sicheres Können erworben zu haben, eine Befriedigung, die dadurch erhöht wird, daß auf der Wanderung zum Ziele sich zahlreiche Nebenblicke darbieten, die neue Anregung schaffen auch für andere Zweige der Berufstätigkeit. —

Sach- und Namenverzeichnis.

A.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

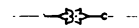
S.

T.

U.

V.

W.



H. W. Vogel

Handbuch der Photographie

(4. vermehrte und verbesserte Auflage)

I. Teil: **Photochemie u. Beschreibung der photographischen Chemikalien.** Erscheint in neuer Auflage im Herbst 1903.

II. Teil: **Das Licht im Dienste der Photographie und die neuesten Fortschritte der photographischen Optik.** Ein Gross-Oktavband von 350 Seiten mit vielen Figuren und 1 Naturfarbenbuchdruck von W. Kurz in New-York. Geheftet M. 9,—, gebunden M. 10,50.

Ergänzungsband hierzu:

Schroeder, Dr. H., Die Elemente der photographischen Optik. Enthaltend eine gemeinverständliche Darstellung der Einrichtung photographischer Linsensysteme, sowie Angaben über Prüfung derselben. Nach dem neuesten Standpunkt der Wissenschaft und Technik bearbeitet. — ca. 15 Bogen gr. Oktav. Mit 85 Figuren im Text. Geheftet M. 6,—, gebunden M. 7,50.

III. Teil: **Die photographische Praxis.** Abteilung I: a) Die photographischen Arbeitsräume und Geräte. b) Der photographische Negativprozess mit Kollodium- und Gelatine-Emulsion. Etwa 20 Bogen in Gross-Oktav mit vielen Abbildungen. Geheftet M. 8,—, gebunden M. 9,50.

— — Abteilung II: Die photographischen Kopier-Verfahren mit Silber-, Eisen-, Chrom- und Uransalzen. Herausgegeben von Paul Hanneke, ehem. Assistent am Photochemischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Etwa 10 Bogen mit 32 Abbildungen. Geheftet M. 4,50, gebunden M. 6,—.

IV. Teil: **Photographische Kunstlehre.**

☛ Dieser Band ist zur Zeit vergriffen und erscheint in neuer Bearbeitung.

Die Photographie nach farbigen Gegenständen in den richtigen Tonverhältnissen. Handbuch der farbenempfindlichen (isochromatischen und orthochromatischen) Verfahren. Mit 1 Farbendruckbeilage, 2 danach gefertigten Photographieen und 15 Holzstichen. 8°. M. 4,—.

Praktische Spektralanalyse irdischer Stoffe. Anleitung zur Benutzung der Spektralapparate in der qualitativen und quantitativen chemischen Analyse organischer und unorganischer Körper in Hüttenwerken, bei der Prüfung von Mineralien, Farbstoffen, Arzneimitteln, Nahrungsmitteln, bei physikalischen und physiologischen Untersuchungen u. s. w. Mit 194 Holzstichen und 5 Tafeln. 2. Aufl. I. Teil: Qualitative Spektralanalyse. Geheftet M. 11,50, geb. M. 13,—.

Photographische Bibliothek

Sammlung kurzer photographischer Spezialwerke.

(1902)

Band 1: **H. W. Vogel**

Das photographische Pigmentverfahren

(Kohledruck)

4. völlig veränderte Auflage.

Mit einem Anhange über **das Velours-, Gummidruck- und Ozotypie-Verfahren.**

Bearbeitet von **P. Hanneke**

Herausgeber der „Photographischen Mitteilungen".

Mit einem Pigmentdruck und mehreren Textfiguren.

Geh. M. 3,—. geb. M. 3,50.

Dieses bewährte Buch des Altmeisters H. W. Vogel war seit längerer Zeit vergriffen und liegt nun neu bearbeitet von Herrn **Paul Hanneke in völlig veränderter Gestalt** vor. Alle Fortschritte auf dem Gebiete des Pigmentverfahrens sind berücksichtigt und somit kann dieses Buch als ein grundlegendes Hilfsbuch und zuverlässiger Ratgeber bei der Ausübung des Verfahrens empfohlen werden.

Der Inhalt ist folgender:

I. Prinzipien des Pigmentdrucks. Hierin ist auch eine kurze Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des Verfahrens gegeben.

II. Die Praxis des Pigmentdrucks. Behandelt, ohne jede Voraussetzung gewisser Fertigkeiten, ausführlichst die einzelnen Phasen des Pigmentdruckes. Es enthält die Kapitel: a) Das Pigmentpapier, seine Herstellung und Eigenschaften — b) Die Sensibilisierung — c) Das Kopieren, hier sind auch sämtliche modernen Photometer behandelt — d) Das Übertragen und Entwickeln, worin auch die Herstellung der so reizvollen Pigmentdiapositive besprochen wird — e) Notizen für die Praxis, (hier sind dem Pigmentdrucker nützliche Winke zur Vermeidung von Fehldrucken gegeben, auch der im Sommer zu treffenden Vorsichtsmassregeln bei Ausübung des Pigmentprozesses ist gedacht.) — f) Fehler im Pigmentprozess und deren Abhilfe.

III. Anwendungen des Pigmentdrucks. Pigmentdrucke a) auf Glas — b) auf Metall — c) auf Elfenbein — d) auf Holz — e) auf Malleinen, Atlas etc. — f) Reproduktion von Negativen und Herstellung von Vergrösserungen — g) Die Photogravüre, eine klare Anleitung zur Herstellung von Druckplatten für das so geschätzte und vornehme Reproduktionsverfahren — h) Herstellung von Emailbildern.

IV. Gummidruck.

V. Velours-Prozess.

VI. Ozotypie.

Diese letzten drei Kapitel sind dem Büchlein erst in vorliegender Neuauflage beigegeben; über die beiden letzten Prozesse sind bisher in Deutschland wenig zusammenhängende Publikationen erschienen, trotzdem der Velours-Prozess ausserordentlich schöne und eigenartige Bildresultate liefert.

Das Beste erweist sich immer als das Billigste,

das sollte man ganz besonders beherzigen beim Einkaufe von

photographischen Apparaten

denn bekanntermassen vergeudet man mit einer billigen und unzuverlässigen Camera ein Vermögen in kostspieligen Materialien und Chemikalien.

Unsere Cameras genügen allen Anforderungen, die gestellt werden können und eignen sich sowohl für die Fixierung der schnellsten Bewegungsmomente, wie zur Aufnahme von Landschaften, Porträts, Gruppen, Innenräumen etc.

Unser reich illustrierter Katalog 36 enthält alles Nähere und steht Interessenten kostenlos zur Verfügung.

Photographische Bibliothek

Sammlung kurzer photographischer Spezialwerke.

(1902)

Band 15: **Fritz Loescher**

Vergrössern und Kopieren auf Bromsilber-Papier

Mit einem Bromsilberdruck und 19 Text-Abbildungen

Geh. Mk. 2,50, geb. Mk. 3,—

Die Anwendung des Bromsilbergelatine-Papiers breitet sich immer mehr aus. Und in der Tat gibt sowohl das Kopieren auf diesem Papier mittelst Kontaktverfahrens wie auch die direkte Vergrösserung von Negativen auf demselben äusserst befriedigende Ergebnisse, wenn es richtig angefangen wird. Hierbei mit einer Anleitung und vielen nützlichen Fingerzeigen an die Hand zu gehen ist der Zweck dieses Buches, dessen Verfasser reiche praktische Erfahrung besitzt. Er hat das Buch rein praktisch gehalten und gibt besonders sehr schätzenswerte Winke für die Selbstanfertigung dieser und jener Vorrichtungen für jene, welche grössere Geldausgaben vermeiden möchten.

Inhaltsverzeichnis.